



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**Καλλιέργεια του εδώδιμου μακροφύκου στην Κρήτη
Polysiphonia sp. Προκαταρτικά αποτελέσματα**

Διατριβή μεταπτυχιακού τίτλου ειδίκευσης

Αλίκη Καρούσου

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2001

Εξεταστική επιτροπή

Κεντούρη Μαρουδιώ : Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Κρήτης
Τμήμα Βιολογίας.

Ορφανίδης Σωτήρης : Ερευνητής Ινστιτούτου Αλιευτικής
Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.), Καβάλα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ολοκληρώνοντας αυτήν την προσπάθεια διαπιστώνω ότι αυτό που τελικά αποκόμισα δεν είναι τόσο οι τεχνικές, οι γνώσεις ή οι πληροφορίες, όσο ένας τρόπος σκέψης, προσέγγισης και διερεύνησης επιστημονικών θεμάτων. Με αυτή την έννοια η πορεία και εμπειρία μου αυτά τα δύο χρόνια της μεταπτυχιακής εκπαίδευσής μου ήταν ουσιαστική και εποικοδομητική. Στην πορεία αυτή καθοριστικό ρόλο έπαιξε η επιβλέπουσα καθηγήτρια Κεντούρη Μαρουδιώ, την οποία ευχαριστώ θερμά κατ' αρχήν για την ενθάρρυνσή της ώστε να διαπραγματευτώ ένα πρωτότυπο θέμα και στη συνέχεια για την αμέριστη υποστήριξή της σε κάθε επίπεδο. Την ευχαριστώ θερμά για τα κίνητρα, τις πρωτοβουλίες, τις ευκαιρίες που μου έδωσε, αλλά και για όσα με δίδαξε για τον αποκαλυπτικό κόσμο των Υδατοκαλλιεργειών!

Ευχαριστώ το Δρ. Ορφανίδη Σωτήρη για όλες τις πληροφορίες που μου έδωσε κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας, αλλά και για τα εύστοχα σχόλιά του κατά τη συγγραφή. Ευχαριστώ επίσης τον αναπληρωτή καθηγητή φυκολογίας Χαριτωνίδα Σάββα, που πρώτος μου μετέδωσε το ενδιαφέρον για τα φύκη και τις ιδιαιτερότητές τους, κατά τις προπτυχιακές σπουδές μου στη Θεσσαλονίκη.

Ευχαριστώ το Δρ. Γιώργο Κουμουνδούρο για τις γόνιμες συζητήσεις, τη βοήθειά του στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αλλά και σε τεχνικά θέματα. Η συμβολή του ήταν επίσης σημαντική στην «ανακάλυψη» των Υδατοκαλλιεργειών. Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω θερμά την Αντιγόνη Χατζηαθανασίου και την Ασπασία Στεριώτη για τη βοήθειά τους από την πρώτη μέχρι την τελευταία στιγμή, στα ποικίλα τεχνικά και μη, ζητήματα που προέκυψαν. Ευχαριστώ ειλικρινά το φίλο και συνάδελφο Κώστα Γκάνια, όχι μόνο για την πολύτιμη βοήθειά του στην επεξεργασία του κειμένου, αλλά και για τις φιλοσοφικές και επιστημονικές μεσημεριανές συζητήσεις. Τέλος, ευχαριστώ το Δημήτρη Σφακιανάκη για την υπομονή που μου ενέπνευσε μέσα από τη στωικότητά του.

Αν το αντικείμενο ενασχόλησης και έρευνας μπορεί να ενσωματωθεί ομαλά στην προσωπική ζωή, χωρίς να την ισοπεδώσει, τότε το αποτέλεσμα είναι σίγουρα αρτιότερο και είναι ίσως ο μόνος τρόπος για να καλλιεργηθούν στοιχεία δημιουργικότητας και φαντασίας. Μπορώ να πω ότι αυτό συνέβη σε μεγάλο βαθμό χάρη στην οξυδέρκεια, την υπομονή και την ανεκτικότητα του συντρόφου μου. Ο Δημήτρης όχι μόνο με βοήθησε πρακτικά στη δειγματοληψία και όπου αλλού του ζήτησα, αλλά κυρίως με υποστήριξε ψυχολογικά στις πιο δύσκολες στιγμές, άκουσε υπομονετικά όλες μου τις «επιστημονικές αναλύσεις» και προβληματισμούς, και σίγουρα γέμισε τη ζωή μου με χρώματα και μουσική. Εύχομαι η προσπάθειά μου να συντείνει στο να σταθώ δίπλα του αντάξια.

Από τον πατέρα μου, Νικόλαο, κληρονόμησα την αγάπη για το υγρό στοιχείο και την οξεία παρατηρητικότητα. Από τη

μητέρα μου, Σοφία, κληρονόμησα το χαμόγελο, την αισιοδοξία και ελπίζω και την ψυχραιμία. Τους ευχαριστώ βαθιά γι' αυτά τους τα δώρα, αλλά και για την υλική και ηθική τους υποστήριξη όλη αυτή τη μακρά περίοδο των σπουδών μου. Εύχομαι η προσπάθειά μου να τους τιμήσει όπως τους αξίζει.

Όσο για τον Μανόλη τον Τσαχάκη, σ' αυτόν αφιερώνεται αυτή η εργασία.

στο Μανόλη Τσαχάκη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά.....	2
1.2 Μακροφύκη και θαλασσίνο περιβάλλον.....	4
1.2.1 Ακτινοβολία.....	4
1.2.2 Θερμοκρασία και Αλατότητα.....	5
1.2.3 Θρεπτικά.....	5
1.2.4 Υδροδυναμική, pH και Οξυγόνο.....	6
1.3 Σημασία και χρήσεις θαλάσσιων μακροφυκών.....	7
1.4 Μακροφύκη και Θαλάσσιες Υδατοκαλλιέργειες.....	8
1.4.1 Καλλιέργειες πεδίου.....	8
1.4.2 Καλλιέργειες στο εργαστήριο.....	11
1.4.3 Τα μακροφύκη της Μεσογείου.....	11
1.5 Το γένος <i>Polysiphonia</i>	13
1.5.1 Συστηματική κατάταξη.....	14
1.5.2 Γενικά στοιχεία.....	14
1.5.3 Αναπαραγωγή.....	1
6	
1.5.4 Προσπάθειες καλλιέργειας των ειδών του γένους <i>Polysiphonia</i>	20
1.6 Σκοπός της μελέτης.....	21
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	22
2.1 Δειγματοληψία του εδώδιμου μακροφύκου <i>Polysiphonia</i> sp.....	23
2.1.1 Συντήρηση εδώδιμου μακροφύκου <i>Polysiphonia</i> sp.....	23
2.1.2 Δειγματοληψία γειτονικών ειδών.....	23
2.1.3 Συνθήκες Θερμοκρασίας και Αλατότητας.....	24
2.2 Ενυδρείο πειραματισμού.....	25
2.2.1 Προετοιμασία ενυδρείου.....	25
2.2.2 Τοποθέτηση δείγματος στο ενυδρείο.....	25
2.2.3 Μετρήσεις.....	26
2.3 Τριβλία πειραματισμού.....	26
2.3.1 Θρεπτικά.....	26
2.3.2 Τοποθέτηση δειγμάτων στα τριβλία.....	28
2.3.3 Συνθήκες φωτός και θερμοκρασίας.....	28
2.3.4 Μετρήσεις αύξησης.....	29
2.4 Αναγνώριση ειδών – Εκτίμηση αφθονίας.....	29
2.5 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων.....	30
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	31
3.1 Περιοχή δειγματοληψίας.....	32
α) Περιγραφή.....	32
β) Αβιοτικοί παράγοντες.....	36
3.2 Χλωριδική σύσταση των 3 θέσεων στον τόπο δειγματοληψίας.....	36
3.3 Συνθήκες ενυδρείου.....	39
3.4 Αποτελέσματα αύξησης σε τριβλία.....	42
3.4.1 Αύξηση κορυφαίων τμημάτων του είδους <i>Polysiphonia</i> sp. σε τριβλία με 3 διαφορετικά θρεπτικά μέσα.....	42

3.4.2	Αλληλεπίδραση των παραγόντων θρεπτικό διάλυμα και συνθήκες φωτισμού.....	47
3.4.3	Μεταβολή του αριθμού κορυφαίων τμημάτων στα τριβλία με την πάροδο του χρόνου.....	50
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	54
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	61
6.	ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	62
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	63
	SUMMARY.....	64
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	65
7.1.	Πίνακες μηνιαίων βροχοπτώσεων, θερμοκρασίας αέρος και παροχής πηγής Αγ. Παρασκευής.....	66
7.2	Πίνακες μέσου όρου αύξησης κορυφαίων τμημάτων στα τριβλία..	67
7.3	Διατροφική ανάλυση εδώδιμων μακροφυκών.....	68
7.3.1	<i>Porphyra umbilicalis</i> (ροδοφύκος).....	68
7.3.2	<i>Laminaria digitata</i> (φαιοφύκος).....	69
7.3.3	<i>Alaria esculenta</i> (φαιοφύκος).....	69
7.4	Πουτίγκα με φύκια.....	70
7.5	Ευρετήριο όρων.....	71
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τα μακροφύκη αποτελούν ένα ετερογενές σύνολο του φυτικού βασιλείου. Είναι στενά συνδεδεμένα με το θαλασσινό περιβάλλον, όπως υποδηλώνει και η ετοιμολογία του ονόματός τους: άλγη στα αρχαία ελληνικά σημαίνει θαλασσινό νερό. Ο όρος παρέμεινε στα λατινικά (alga), αλλά αντικαταστάθηκε στα νέα ελληνικά από τη λέξη φύκος. Στην πραγματικότητα, τα μακροφύκη εξαπλώνονται τόσο στο θαλασσινό νερό όσο και στα γλυκά ή υφάλμυρα νερά, επομένως είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το νερό.

Υπάρχουν στα Θαλλόφυτα τα οποία σε αντίθεση με τα Κορμόφυτα δεν παρουσιάζουν τις δομές και την οργάνωση των ανώτερων φυτών (απουσία ριζών, φύλλων, αγωγών στοιχείων). Γενικά, τα μακροφύκη χαρακτηρίζονται από απλή δομή αλλά εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία τόσο στη μορφολογία, όσο και στη δομή, την αύξηση, την κυτολογία και την αναπαραγωγή (Dring, 1982).

Συνήθως, η διάκριση των φυτικών οργανισμών γίνεται χρησιμοποιώντας τα εξωτερικά μορφολογικά γνωρίσματα ως συγκριτικά στοιχεία. Στα μακροφύκη, η διάκριση αυτή μπορεί να γίνει και με βάση τα φυσιολογικά γνωρίσματα, δηλαδή τη διάρκεια ζωής τους, το χρόνο που αναπτύσσονται και το χρόνο που παραμένουν με τη μορφή σπορίων (Χαριτωνίδης, 1996). Έτσι, αυτά διακρίνονται σε :

- α) φύκη πολυετή: ο θαλλός των φυκών αυτών εμφανίζεται όλο το χρόνο.
- β) φύκη ψευδοπολυετή: θαλλός γυμνός κατά τη δυσμενή περίοδο ή υπάρχει μόνο το ριζικό του σύστημα.
- γ) φύκη ετήσια: θαλλοί οι οποίοι εξαφανίζονται εντελώς κατά τη δυσμενή περίοδο.

Τα κύρια κριτήρια με βάση τα οποία τα μακροφύκη κατατάσσονται συστηματικά είναι:

- α) η χημική σύσταση και οι σχετικές ποσότητες φωτοσυνθετικών χρωστικών
- β) η χημική φύση των αποταμιευμένων μακρομορίων
- γ) η χημική και φυσική δομή του κυτταρικού τοιχώματος
- δ) ο αριθμός, η μορφολογία και το μέγεθος των μαστιγίων, ειδικότερα αυτών των κινούμενων αναπαραγωγικών οργάνων (ζωοσπόρια ή γαμέτες).

Γενικά, τα μακροφύκη διαιρούνται σε 3 κλάσεις: τα χλωροφύκη, τα ροδοφύκη και τα φαιοφύκη (Van den Hoek et al., 1995).

I. Χλωροφύκη

Η κλάση αυτή περιλαμβάνει περί τα 500 γένη και 8000 είδη. Πολλά απ' αυτά ζουν σε γλυκά νερά, ενώ αρκετά είναι τα είδη του θαλασσινού νερού τα οποία μπορεί να είναι μονοκύτταρα, πολυκύτταρα, προσκολλημένα σε σκληρό υπόστρωμα ή επίφυτα. Όπως όλα τα μακροφύκη, τα χλωροφύκη περιέχουν τις φωτοσυνθετικές

χρωστικές: χλωροφύλλη α και β, καροτενοειδή και ξανθοφύλλες. Ο κύκλος ζωής τους είναι διγενετικός.

II. Ροδοφύκη

Η κλάση των ροδοφυκών περιλαμβάνει παγκόσμια 5000-5500 είδη, τα οποία κατανέμονται σε 500-600 γένη. Τα θαλάσσια είδη ζουν κυρίως προσκολλημένα σε σκληρό υπόστρωμα ή ως επίφυτα σε άλλα είδη μακροφυκών ή φύλλων φανερόγαμων.

Τα ροδοφύκη δεν έχουν χλωροφύλλη β, ενώ περιέχουν επιπλέον τις φωτοσυνθετικές χρωστικές φυκοερυθρίνη, φυκοκυανίνη και αλλοφυκοκυανίνη, γνωστές ως φυκοβιλίνες. Η φυκοερυθρίνη είναι υπεύθυνη για το κόκκινο χρώμα τους. Η κλάση αυτή παρουσιάζει τις πιο σύνθετες αναπαραγωγικές δομές, λόγω της ύπαρξης 3 φάσεων στον κύκλο ζωής.

Από όλους τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς αναφέρεται ότι τα ροδοφύκη βρίσκονται σε μεγαλύτερα βάθη.

III. Φαιοφύκη

Η μικρότερη σε αριθμό ειδών κλάση με περίπου 250 γένη και 1500-2000 είδη, περιλαμβάνει τα μεγαλύτερα σε μέγεθος γνωστά μακροφύκη τα οποία βρίσκονται στις ακτές του Ειρηνικού της Βόρειας Αμερικής. Τα φαιοφύκη περιέχουν επιπλέον τη χρωστική φυκοξανθίνη.

Τα περισσότερα είδη ζουν στη θάλασσα προσκολλημένα σε σκληρό υπόστρωμα ή ως επίφυτα σε άλλα φύκη ή σε φύλλα φανερογάμων. Ο κύκλος ζωής τους είναι διγενετικός.

Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής έχουν τα φαιοφύκη και στη Μεσόγειο συγκεκριμένα, τα είδη του γένους *Cystoseira*, τα οποία μπορούν να ζήσουν μέχρι και 10 χρόνια. Τα παλαιότερα σε ηλικία τμήματα του θαλλού είναι απογυμνωμένα, χωρίς φυλλοειδή.

Τα παλαιότερα απολιθώματα των κλάσεων των μακροφυκών που έχουν βρεθεί, χρονολογούνται γύρω στα 400 εκατομμύρια χρόνια πριν, την εποχή του Παλαιοζωικού αιώνα. Σήμερα είναι βέβαιο ότι οι διάφορες ομάδες των φυκών προήλθαν εξελικτικά από την ομάδα των μαστιγωτών (Μπαμπαλώνας & Κοκκίνη, 1994).

Η Μεσόγειος είναι ένα υπόλειμμα της Κρητιδικής και Προκρητιδικής θάλασσας της Τηθύως που χώριζε εν μέρη, σαν τροπική θάλασσα, το βόρειο τμήμα της Πανγαίας από το νότιο.

Οι ελληνικές θάλασσες περιλαμβάνουν πλήθος ενδημικών ειδών μακροφυκών, αλλά η μελέτη τους είναι δυστυχώς περιορισμένη και αποσπασματική. Οι κλιματικές αλλαγές και οι ελεύθεροι οικολογικοί θώκοι που προέκυψαν στη διάρκεια του κατώτερου Πλειόκαινου και Πλειστόκαινου θα πρέπει να ενίσχυσαν μια τέτοια ειδογένεση και δημιουργία ενδημικών ειδών. Οι Μεσογειακές ακτές γενικότερα, χαρακτηρίζονται από μια χλωρίδα πλούσια σε είδη ενδημικά (ποσοστό περίπου 20% του συνολικού αριθμού ειδών), και είδη τροπικών, θερμών και ψυχρών εύκρατων νερών (Orfanidis, 1993).

1.2 Μακροφύκη και θαλασσινό περιβάλλον

Τα μακροφύκη είναι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί και άρα παραγωγοί για το θαλάσσιο οικοσύστημα. Έτσι, μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε χημική ενέργεια που τους παρέχει τη δυνατότητα βιοσύνθεσης των μακρομορίων τους. Πέρα όμως από την ηλιακή ενέργεια, η θέση των μακροφυκών στο θαλάσσιο οικοσύστημα τα καθιστά σε διαρκή αλληλεπίδραση με όλους τους αβιοτικούς αλλά και βιοτικούς παράγοντες του υδάτινου και όχι μόνο, περιβάλλοντος. Ανάμεσα στους πιο σημαντικούς αβιοτικούς παράγοντες που ρυθμίζουν την αύξηση και την ανάπτυξη των μακροφυκών, είναι το φως, η θερμοκρασία, η αλατότητα, ο υδροδυναμισμός, η περιεκτικότητα του μέσου σε θρεπτικά και το υπόστρωμα (Dring, 1982). Στους βιοτικούς παράγοντες συμπεριλαμβάνονται τα επίφυτα και όλοι οι άλλοι οργανισμοί που βρίσκονται σε αλληλεξάρτηση με τα μακροφύκη.

Ωστόσο, η ομαλή ανάπτυξης των φυκών δεν ελέγχεται μόνο από εξωγενείς, αλλά και από ενδογενείς παράγοντες, όπως ορμόνες (Dring, 1982).

1.2.1. Ακτινοβολία

Η βλάστηση εντοπίζεται σε εκείνο το βάθος της θάλασσας στο οποίο εισδύει το φως. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται μέσα στη θάλασσα, μειώνεται απότομα σε ένταση επειδή απορροφάται από το θαλασσινό νερό. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την ύπαρξη πλαγκτού στην επιφάνεια και το βαθμό καθαρότητας ή θολότητας, η απορρόφηση των ζωνών του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφορετική (Χαριτωνίδης, 1996).

Τα Χλωροφύκη χρησιμοποιούν την κυανή και ερυθρή ακτινοβολία. Το ίδιο συμβαίνει και με τα Φαιοφύκη, τα οποία χρησιμοποιούν επίσης το κυανοπράσινο τμήμα του φάσματος. Τα Ροδοφύκη δείχνουν μέγιστο της φωτοσυνθετικής τους έντασης στο πράσινο και χρησιμοποιούν λιγότερο την ερυθρή και κυανή ακτινοβολία (Lewis, 1964).

Ανάλογα με το βάθος στο οποίο βρίσκεται ένα μακροφύκος μπορούν να παρατηρηθούν φαινοτυπικές μεταβολές στη σύνθεση των χρωστικών του, οι οποίες ελέγχονται από την ακτινοβολία που φτάνει στο συγκεκριμένο βάθος.

Το δυνατό φως μπορεί να έχει και αρνητική επίδραση, κυρίως στα μακροφύκη που βρίσκονται σε μικρό βάθος. Έτσι, δυνατή ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και άρα του ρυθμού αφυδάτωσης ενός αναδυόμενου φυτού.

Είναι γενικά παραδεκτό ότι η φωτοπερίοδος σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη γεωγραφική εξάπλωση ενός είδους (Orfaniis et al., 1996).

1.2.2 Θερμοκρασία και Αλατότητα

Η θερμοκρασία αποτελεί ένα από τους σημαντικούς αβιοτικούς παράγοντες που καθορίζουν όχι μόνο τη γεωγραφική εξάπλωση των μακροφυκών, αλλά και την αύξηση και την αναπαραγωγή τους. Ακριβώς η αύξηση και η αναπαραγωγή περιορίζονται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασιακή περιοχή, πάνω και κάτω από την οποία οι ρυθμοί τους μειώνονται. Από την άλλη, τα θερμοκρασιακά όρια επιβίωσης και οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις για αύξηση και αναπαραγωγή διαφέρουν σημαντικά, τόσο ανάμεσα στα διαφορετικά είδη όσο και ανάμεσα στις διαφορετικές φάσεις του βιολογικού κύκλου των μακροφυκών με ετερόμορφους βιολογικούς κύκλους. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι κάποια μακροφύκη αλλάζουν τη θερμοκρασία αύξησης ή ακόμα και τα θερμοκρασιακά όρια ανοχής τους, σαν απόκριση σε αλλαγές του περιβάλλοντος (Orfanidis & Breeman, 1999, Orfanidis & Haritonidis, 1996).

Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις και ιδιαίτερα η θερμοκρασιακή ανοχή ενός είδους, αποτελούν χαρακτηριστικό που αλλάζει με την πάροδο εκατομμυρίων χρόνων, έτσι ώστε αυτό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ιστορική βιογεωγραφία αντί των απολιθωμάτων που είναι σχεδόν ανύπαρκτα για τα μακροφύκη.

Η θερμοκρασία του νερού στην ανατολική Μεσόγειο κυμαίνεται από 12° μέχρι 24° C. Σε ό,τι αφορά την αλατότητα η Μεσόγειος χαρακτηρίζεται από αυξημένες τιμές (μέση τιμή 37.6‰). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι μια κλειστή θάλασσα με μεγάλη εξάτμιση και μικρή εκροή γλυκών νερών προς αυτήν.

Τοπικές μεταβολές της θερμοκρασίας και της αλατότητας συμβαίνουν στα παράκτια νερά λόγω των τοπικών επιφανειακών ρευμάτων αλλά και της εκροής εποχιακά γλυκών υδάτων (π.χ. χειμάρρων).

Η θερμοκρασία και η αλατότητα επηρεάζουν την πυκνότητα του θαλασσινού νερού και βοηθούν στην ανάμιξη των πλούσιων σε θρεπτικά άλατα στρώματα νερού που βρίσκονται κοντά στον πυθμένα, με τα φτωχά σε θρεπτικά άλατα επιφανειακά στρώματα (Ορφανίδης, 1990). Γενικά, οι διάφοροι αβιοτικοί παράγοντες δρουν συχνά συνεργατικά στα μακροφύκη, γεγονός που καθιστά μερικές φορές αδύνατη την απομόνωση κάποιου παράγοντα και την εξέταση της επίδρασής του σε κάποιο είδος.

1.2.3 Θρεπτικά

Τα μακροφύκη για την αύξησή τους απαιτούν την ύπαρξη συγκεκριμένων στοιχείων καθώς και την παροχή βιταμινών. Ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο, το άζωτο, ο φώσφορος, το μαγνήσιο, ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος και το μολυβδαίνιο θεωρείται ότι απαιτούνται από όλα τα φύκη. Το θείο, το κάλιο και το ασβέστιο είναι απαραίτητα αλλά μπορούν να

αντικατασταθούν από άλλα στοιχεία. Το νάτριο, το κοβάλτιο, το χλώριο, το βρώμιο, το ιώδιο απαιτούνται από κάποια μόνο μακροφύκη.

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τις κύριες μεταβολικές διαδικασίες των φυκών είναι 21, αλλά περισσότερα από διπλάσια σε αριθμό βρίσκονται μέσα στα μακροφύκη σαν συστατικά τους (Lobban & Harrison, 1994). Η παρουσία ενός στοιχείου μέσα σε κάποιο φύκος δεν αποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο στοιχείο είναι απαραίτητο. Επίσης, η ποσότητα στην οποία βρίσκεται δεν είναι ενδεικτική για τη σχετική σημασία του για το φύκος.

Κάποια μακροφύκη απαιτούν σε μικρές ποσότητες μια ή δύο οργανικές ενώσεις για την ομαλή αύξησή τους, οι οποίες δε δρουν σαν πηγές άνθρακα και είναι βιταμίνες. Η ευρύτερα διαδεδομένη βιταμίνη στο θαλασσινό νερό είναι η B₁₂ ή κυανοκοβαλαμίνη. Οι βιταμίνες που χρειάζονται τα μακροφύκη προσλαμβάνονται άμεσα από το θαλασσινό νερό ή προέρχονται από μικροοργανισμούς που ζουν στην επιφάνεια των μακροφυκών. Επιπλέον, κάποιοι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί παράγουν βιταμίνες τις οποίες δε χρησιμοποιούν για την ανάπτυξή τους και άρα παρέχουν στα φύκη που τις χρειάζονται.

Η αύξηση των μακροφυκών μπορεί να περιοριστεί λόγω της έλλειψης κάποιων στοιχείων και συγκεκριμένα του αζώτου, του φωσφόρου, του σιδήρου, του χαλκού, του ψευδαργύρου, του μαγκανίου και του άνθρακα, των οποίων η συγκέντρωση στο θαλασσινό νερό ποικίλλει σημαντικά. Οι τελευταίες πειραματικές εργασίες έδειξαν ότι ανάμεσα σε αυτά τα στοιχεία το άζωτο είναι αυτό που κυρίως περιορίζει την αύξηση των φυκών.

1.2.4 Υδροδυναμική, pH και Οξυγόνο

Στη Μεσόγειο η μέση τιμή της παλίρροιας είναι γενικά μικρή. Οι διακυμάνσεις του ύψους της στάθμης της θάλασσας στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Αιγαίου εξαρτώνται κυρίως από τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες (Καρδάρης & Ζωή-Μώρου, 1990). Η ένταση του κυματισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό της εξεταζόμενης περιοχής σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους και παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και επιβίωση της χλωρίδας, δηλαδή των κοινωνιών μακροφυκών. Γενικά, ο έντονος κυματισμός εμποδίζει την εγκατάσταση των μακροφυκών για δύο λόγους : τη δυσκολία προσκόλλησης αφενός και τον αυξανόμενο ανταγωνισμό για χώρο αφετέρου.

Η τιμή του pH του θαλασσινού νερού κανονικά βρίσκεται μεταξύ 7,5 - 8,4. Μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται κυρίως στην επιφάνεια όπου συμβαίνει μεγαλύτερη κατανάλωση CO₂ με τη φωτοσύνθεση. Η σταθερά διάστασης του ανθρακικού οξέος επηρεάζεται από την πίεση, τη θερμοκρασία και την αλατότητα. Αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης οδηγούν σε ελαφρά μείωση της τιμής του pH.

Η Μεσόγειος θάλασσα περιέχει στη μεγαλύτερή της έκταση μεγάλες ποσότητες οξυγόνου. Οι διακυμάνσεις του είναι μεγαλύτερες κοντά στην ακτή, όπου υπάρχει η επίδραση της ξηράς και όπου επιπλέον παράγεται οξυγόνο από την αφομοιωτική δραστηριότητα των βενθικών οργανισμών. Γενικά, η ποσότητα του οξυγόνου μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και το γεωγραφικό πλάτος. Σε νερά κυματώδη και ψυχρά αυξάνει η ποσότητα, ενώ σε κάθε περίπτωση αυξάνει κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω της φωτοσύνθεσης.

1.3 Σημασία και χρήσεις των θαλάσσιων μακροφυκών

Ο ρόλος των μακροφυκών επικεντρώνεται στα εξής:

- α) αποτελούν πρωτογενείς παραγωγούς
- β) συμβάλλουν ουσιαστικά στην οξυγόνωση των παράκτιων οικοσυστημάτων
- γ) τα βενθικά μακροφύκη αλλά και τα φανερόγαμα αποτελούν τροφή και καταφύγιο για πολλούς άλλους ζωικούς υδρόβιους οργανισμούς
- δ) αποτελούν έμμεσα τροφή οργανισμών (για παράδειγμα με τη διαδικασία του θρυμματισμού από την οποία προκύπτουν μικρά κομμάτια).
- ε) μπορούν να αλλάξουν το φυσικοχημικό τους περιβάλλον, μειώνοντας το ρεύμα του νερού, δεσμεύοντας ιζήματα και αλλάζοντας τη θερμοκρασία και τη χημική σύσταση του νερού (Chambers et al., 1999).

Οι πιο διαδεδομένες χρήσεις των μακροφυκών είναι η άμεση κατανάλωση (τροφή) (βλ. Παράρτημα παρ.2), η παραγωγή φυκοκολλοιδών (βλ. Παράρτημα παρ.3), η χρήση τους στη γεωργία καθώς και στην παραδοσιακή ιατρική. Τα εδώδιμα μακροφύκη αποτελούν σημαντική πηγή βιταμινών, ιχνοστοιχείων, ινών και πρωτεϊνών (βλ. Παράρτημα 1) ενώ ταυτόχρονα περιέχουν πολύ χαμηλά ποσοστά λιπιδίων.

Συγκεκριμένα, 145 είδη που αντιστοιχούν σε ποσοστό 66%, χρησιμοποιούνται διεθνώς για τροφή. Από τα είδη αυτά η πλειοψηφία αφορά σε ροδοφύκη (79 είδη). Παρ' όλα αυτά συνολικά, περισσότερα από τα μισά ροδοφύκη και φαιοφύκη που χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο, σχετίζονται με την παραγωγή φυκοκολλοιδών όπως αλγινίνης, άγαρ ή καρραγενάνης (Zemke-White & Ohno, 1999). Τα φυκοκολλοιδή χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία τροφίμων, αλλά και στις βιομηχανίες φαρμάκων και καλλυντικών. Οι χρήσεις των μακροφυκών στη γεωργία αφορούν την παραγωγή ζωοτροφών και λιπασμάτων. Ο προσδιορισμός του ακριβούς αριθμού ειδών που χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή ιατρική είναι ιδιαίτερα δύσκολος αφού τις περισσότερες φορές αυτά δεν καταγράφονται και συνδέονται με χώρες της Ασίας όπου δεν υπάρχει συστηματική καταχώρηση στοιχείων.

Οι χρήσεις των μακροφυκών σχετίζονται κυρίως με χώρες της Ασίας και δευτερευόντως με χώρες της Νότιας Αμερικής (Χιλή, Βραζιλία). Στην Ευρώπη η εκμετάλλευση και αξιοποίηση αυτού του φυσικού πόρου είναι πολύ περιορισμένη. Ειδικά οι μεσογειακές χώρες μπορούν να αναπτύξουν μια ενδιαφέρουσα και πρωτότυπη δραστηριότητα γύρω από την αξιοποίηση των μακροφυκών που αφθονούν στις ακτές τους και τα προϊόντα των οποίων χρησιμοποιούν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο σαν πρώτες ύλες που κατά κύριο λόγο εισάγονται.

Εξάλλου, η σύσταση των μακροφυκών τα καθιστά απαραίτητα συμπληρώματα της δυτικής διατροφής που χαρακτηρίζεται από πλήθος εδεσμάτων πλούσιων σε λιπαρά και υδατάνθρακες.

Τα θαλάσσια μακροφύκη μπορούν, τέλος, να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες ρύπανσης. Για παράδειγμα η παρουσία του χλωροφύκου *Enteromorpha* συνδέεται με βιοτόπους ρυπασμένους και με υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου. Μάλιστα, τα βενθικά φύκη-δείκτες παρουσιάζουν σε σχέση με τους ζωικούς οργανισμούς-δείκτες κάποια πλεονεκτήματα : είναι ακίνητα, υπάρχει αφθονία ειδών, αρκετά από αυτά έχουν υψηλό δείκτη αποταμίευσης, παρουσιάζουν ειδικευση σε ορισμένα ιχνοστοιχεία που είναι υπεύθυνα για τη ρύπανση και τέλος παρουσιάζουν αυτορύθμιση για τα περισσότερα από τα βαρέα μέταλλα (Χαριτωνίδης, 1990).

Σήμερα, τα μακροφύκη-δείκτες χρησιμοποιούνται για την κατεργασία βιομηχανικών και οικιστικών λυμάτων, ενώ για τον ίδιο λόγο χρησιμοποιούνται και συγκεκριμένα μικροφύκη (Νικολαΐδης, 1992).

1.4 Μακροφύκη και Θαλάσσιες Υδατοκαλλιέργειες

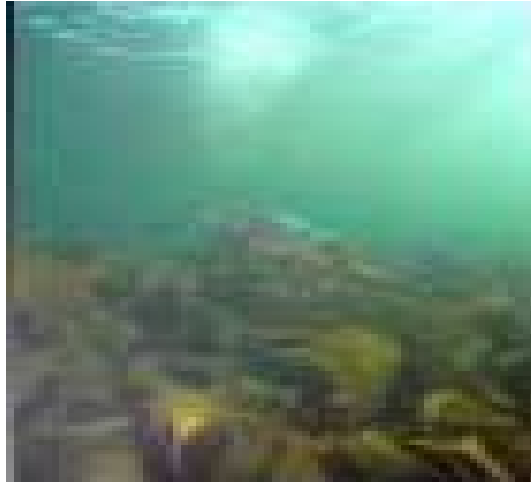
Το θαλασσινό νερό αποτελεί ιδανικό μέσο καλλιέργειας φυκών. Για κάποιες χώρες οι καλλιέργειες αυτές δεν είναι μόνο πραγματικότητα, αλλά και ένας κλάδος ευρύτατα αναπτυγμένος και αποδοτικός. Τέτοιου είδους καλλιέργειες μπορεί να πραγματοποιούνται στο πεδίο ή στο εργαστήριο. Στην πραγματικότητα αυτές του πεδίου είναι οργανωμένες και οδηγούν σε μαζική παραγωγή. Οι καλλιέργειες του εργαστηρίου είναι μικρής κλίμακας και έχουν χαρακτήρα κυρίως ερευνητικό (Makarou et al., 1999, Rindi et al., 1999, Vandermeulen, 1986, Yoneshigue-Braga & Baeta Neves, 1981, Edwards & Van Baalen, 1970).

Τα τελευταία δεδομένα που υπάρχουν στη βιβλιογραφία για την παραγωγή μακροφυκών, αναφέρονται στα έτη 1994/1995 όπου παράχθηκαν συνολικά 2.005.459 τόνοι ξηρού βάρους φυκών παγκοσμίως, από τα οποία 90% προερχόταν από την Κίνα, την Κορέα, την Ιαπωνία, τη Χιλή, τη Νορβηγία και τη Γαλλία (Zemke-White & Ohno, 1999). Από την ποσότητα αυτή, περίπου η μισή (1.033.650 τόνοι ξηρού βάρους) προέρχεται από καλλιέργειες κυρίως στην Κίνα, την Κορέα και την Ιαπωνία.

1.4.1 Καλλιέργειες πεδίου

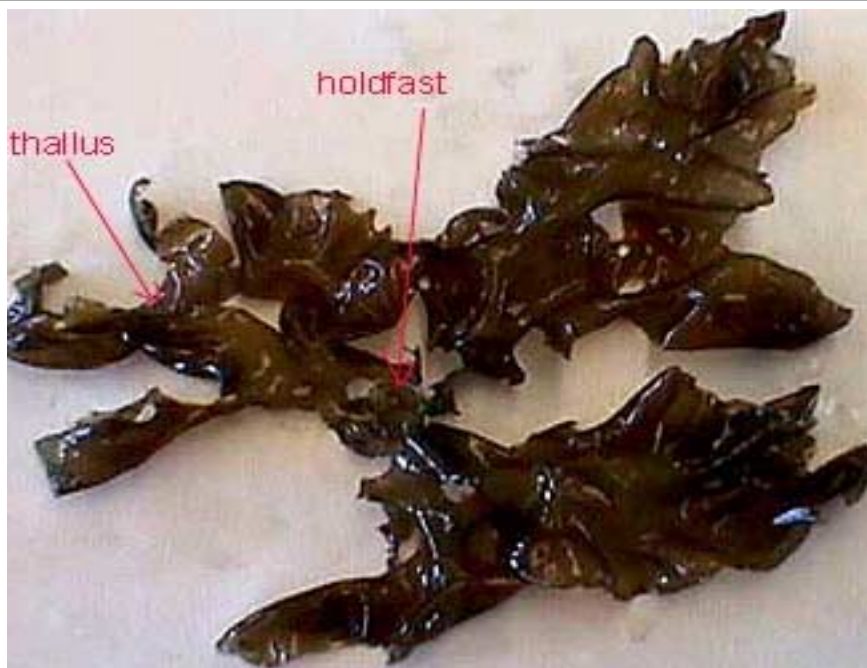
Από τα καλλιεργούμενα φύκη, ποσοστό περίπου 93% αντιστοιχεί μόλις σε 4 γένη : *Laminaria*, *Porphyra*, *Undaria* και *Gracilaria*.

Laminaria : η εντατική καλλιέργεια αυτού του φαιοφύκου ξεκίνησε στην Κίνα το 1951 και καταναλώνεται ως τροφή.



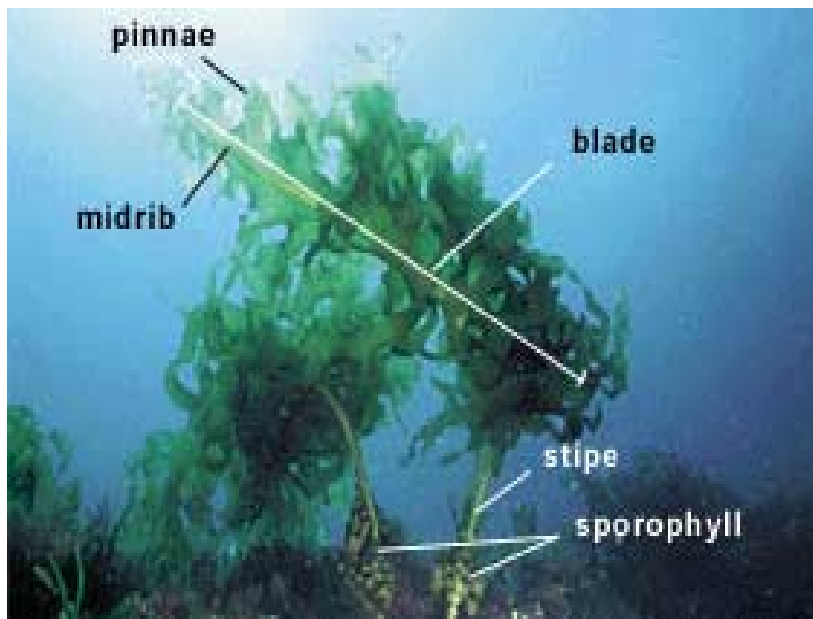
Φωτογραφία 1.1: *Laminaria sp.*

Porphyra : τα είδη αυτού του ροδοφύκου, χρησιμοποιούνται σαν συμπλήρωμα στην παραδοσιακή ασιατική διατροφή περισσότερο από 2000 χρόνια. Οι πρώτες προσπάθειες καλλιέργειας του ξεκίνησαν το 17ο αιώνα (Κεντούρη, 1998), ενώ μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο αναπτύχθηκαν νέες τεχνικές, με αποτέλεσμα η καλλιέργειά του να αποτελεί αυτή τη στιγμή τη μεγαλύτερη δραστηριότητα θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας στην Ιαπωνία.



Φωτογραφία 1.2 : *Porphyra sp.*

Undaria : δημοφιλέστατο «λαχανικό της θάλασσας» που χρησιμοποιείται στην ασιατική μαγειρική και καλλιεργείται ευρύτατα τόσο στην Ιαπωνία όσο και στην Κορέα.



Φωτογραφία 1.3: Άτομο *Undaria sp.*

Gracilaria : το σημαντικότερο «αγαρόφυτο». Από το ροδοφύκος αυτό εκχυλίζεται το άγαρ με πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων, καλλυντικών αλλά και στα ερευνητικά εργαστήρια ως θρεπτικό υπόστρωμα μικροοργανισμών.



Φωτογραφία 1.4 : Διαφορετικά είδη *Gracilaria sp.*

Από τα γένη αυτά η *Porphyra* και η *Gracilaria* αναφέρονται στο Θερμαϊκό κόλπο (Χαριτωνίδης, 1977). Το γεγονός είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας, τη στιγμή μάλιστα που η καλλιέργεια των συγκεκριμένων ειδών έχει μελετηθεί επαρκώς και είναι πολύ αποδοτική στις χώρες της Ασίας.

1.4.2 Καλλιέργειες στο εργαστήριο

Πολλά βενθικά θαλάσσια μακροφύκη καλλιεργήθηκαν με επιτυχία σε εργαστηριακές συνθήκες. Αυτό έγινε δυνατό χάρη στη βελτίωση των μεθόδων απομόνωσης των μακροφυκών και ανάπτυξης μονοκαλλιιεργειών απαλλαγμένων από άλλα είδη. Σημαντικό ρόλο έπαιξε επίσης η βελτίωση της παρασκευής τεχνητού θαλασσινού νερού, καθώς και ο καλύτερος έλεγχος των συνθηκών φωτός και θερμοκρασίας (Edwards & Van Baalen, 1970).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στις εργαστηριακές καλλιέργειες είναι η έλλειψη ροής και συνεχούς ανανέωσης του νερού. Έτσι συνήθως, η καλλιέργεια περιορίζεται στη βλάστηση σπορίων, ενώ δεν πραγματοποιούνται όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του φύκου.

Για την καλλιέργεια των θαλάσσιων μακροφυκών στο εργαστήριο χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό εμπλουτισμένο με θρεπτικά. Η τεχνική που κυρίως εφαρμόζεται, είναι αυτή της μονοκαλλιέργειας η οποία περιλαμβάνει 2 διαδικασίες (Ορφανίδης κ.α., 1990) :

- α) απομόνωση σπορίων ή άλλων αναπαραγωγικών οργάνων
- β) σύνθεση θρεπτικών μέσων

Η πρόοδος των εργαστηριακών τεχνικών καλλιέργειας μακροφυκών έκανε δυνατή τη διεύρυνση των γνώσεών μας σχετικά με την αναπαραγωγή τους, την ταξονομία, αλλά και τη βιοχημεία τους, πρωταρχικά βήματα ώστε να αξιοποιηθεί ένας τόσο σημαντικός φυσικός πόρος.

1.4.3 Τα μακροφύκη της Μεσογείου

Η λεκάνη της Μεσογείου συγκαταλέγεται μεταξύ των πλουσιότερων στον κόσμο σε ό,τι αφορά τη χλωρίδα και μάλιστα χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό ενδημικότητας (20%) (Luning, 1990). Εργαστηριακές καλλιέργειες θα βοηθούσαν αποφασιστικά στην ταξονομία αλλά και αποσαφήνιση του αναπαραγωγικού κύκλου ενδημικών και μη μακροφυκών.

Η Ισπανία εμφανίζει σημαντική παραγωγή αρκετών ειδών μακροφυκών (Zemke-White & Ohno, 1999), που χρησιμοποιούνται κυρίως για την εκχύλιση άγαρ, αλγινίνης και καρραγενάνης (βλ. Παράρτημα παρ.3). Το γεγονός είναι αξιοσημείωτο, αφού τα γένη *Gelidium* και *Gigartina* βρίσκονται και στις ελληνικές θάλασσες (Χαριτωνίδης, 1978, Λαζαρίδου, 1994) και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα. Επίσης, στη γειτονική μας Ιταλία χρησιμοποιούνται τα γένη *Ulva* και *Gracilaria* –που υπάρχουν στις ελληνικές θάλασσες- στη γεωργία, για την παραγωγή άγαρ, αλλά και

για την παρασκευή χαρτιού, μια ιδιαίτερα πρωτότυπη και μοναδική χρήση παγκοσμίως, που μελλοντικά θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική λύση στην παραγωγή χαρτιού για πολλές χώρες.

Οι γνώσεις για τη χλωρίδα του ελληνικού θαλάσσιου χώρου είναι πολύ περιορισμένες. Κατά τόπους έχει γίνει μια συστηματική καταγραφή των ειδών η οποία αποκαλύπτει μια πλούσια χλωρίδα, εντελώς αναξιοποίητη με άγνωστες τις δυνατότητες εκμετάλλευσής της (Χαριτωνίδης, 1977, Λαζαρίδου, 1994). Επίσης, υπάρχει μια σειρά – περί τις 60- εργασίες με τη μορφή χλωριδικών καταλόγων που αναφέρονται στην χλωρίδα του Αιγαίου και δευτερευόντως στη χλωρίδα του Ιονίου. Συστηματικές εργασίες που να αναφέρονται στη θαλάσσια χλωρίδα της Κρήτης, ουσιαστικά δεν υπάρχουν. Αποσπασματικά υπάρχουν κάποια δεδομένα όπως αυτά από το πρόγραμμα «Χαρτογράφηση Τύπων Οικοτόπων» του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης το οποίο περιλαμβάνει συγκεκριμένες περιοχές της Κρήτης (Σιακαβάρα, προσωπική επικοινωνία).

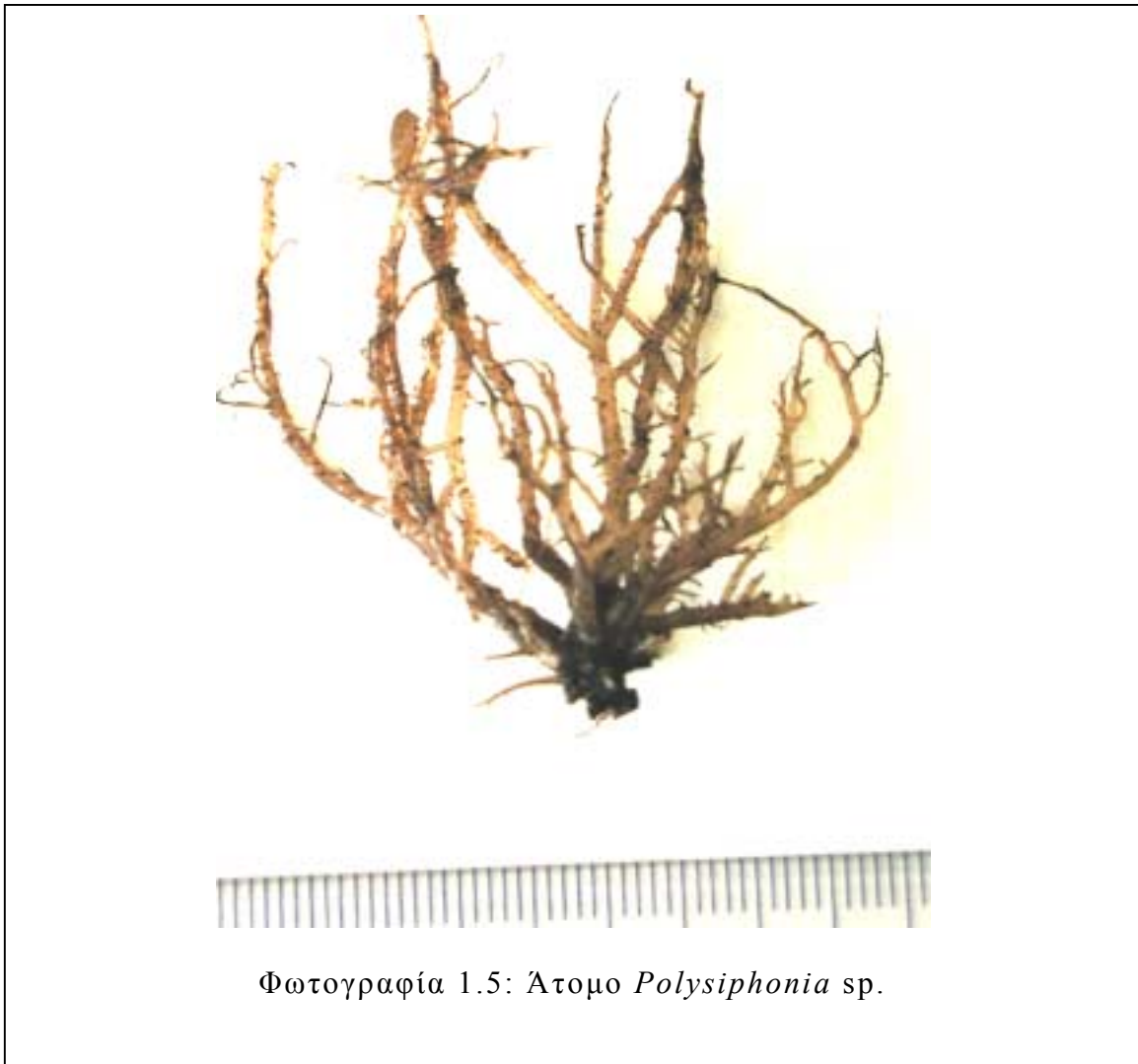
Παρά τον περιορισμένο αριθμό των εργασιών που υπάρχουν για τη θαλάσσια χλωρίδα της Ελλάδας, αυτή φαίνεται να είναι ιδιαίτερα πλούσια και άρα αξιοποιήσιμη. Ωστόσο, η ανεξέλεγκτη συλλογή των μακροφυκών από το φυσικό τους περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες αλλαγές του οικοσυστήματος οι οποίες είναι πιθανό να έχουν ευρύτερο αντίκτυπο. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως η μακρά ιστορία συλλογής μακροφυκών από το φυσικό τους περιβάλλον – όπου αυτή έγινε-, δεν επηρέασε το απόθεμα αν και οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις, όπως η μείωση των ασπονδύλων που συνδέεται με τα φύκη, μόλις που αρχίζουν να αναφέρονται (Ang et al., 1993).

Είναι φανερό λοιπόν η ανάγκη ελεγχόμενων καλλιεργειών των μακροφυκών, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται τόσο η μαζική παραγωγή, όσο και η αδιατάρακτη συνέχεια των φυσικών αποθεμάτων.

1.5 Το γένος *Polysiphonia*

Το γένος *Polysiphonia*, Greville ανήκει στο Φύλο των Ροδοφυκών και έχει μακριά και μεπερδεμένη ιστορία ονοματολογίας και διάκρισης των ειδών. Μέχρι στιγμής, στο γένος αυτό ανήκουν περί τα 200 είδη, τα οποία είναι σε μεγάλο βαθμό ετερογενή ως προς τα μορφολογικά και τα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά τους (Kim et al., 2000). Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου είδη μορφολογικά όμοια με την *Polysiphonia*, ανήκουν τελικά σε άλλο γένος και μάλιστα έχουν τελείως διαφορετική φυλογενετική θέση. Ενδεχομένως, να πρέπει να γίνουν αρκετές αλλαγές στην ονοματολογία ειδών που αυτή τη στιγμή κατατάσσονται στο γένος *Polysiphonia* (Kim & Lee, 1999).

Το συγκεκριμένο γένος μπορεί κατά τύπους να είναι άφθονο και θεωρείται κοσμοπολίτικο (Rindi et al., 1999, Adey, 1998), παρουσιάζει δε, ιδιαίτερο ενδιαφέρον για 2 λόγους: κάποια, ίσως κι αρκετά από τα είδη που περιλαμβάνει είναι εδώδιμα και αναπτύσσονται στη χώρα μας και αφετέρου, αρκετά από τα είδη αυτού του γένους είναι επίφυτα σε άλλα μακροφύκη με άγνωστο τις περισσότερες φορές ρόλο.



Φωτογραφία 1.5: Άτομο *Polysiphonia* sp.

ασίλειο	B	Φυτά
θροισμα	A	Phycophyta
ύλο	Φ	Ροδοφύκη
λάση	K	Florideophyceae
άξη	T	Ceramiales
κογένεια	Oι	Rhodomelaceae
νος	Γέ	Polysiphonia

1.5.2 Γενικά στοιχεία

Πρόκειται για ροδοφύκος που προσκολλάται σε σκληρό υπόστρωμα με τη βοήθεια ενός δίσκου που σχηματίζεται από ριζοειδή της βάσης. Γενικά, ο δίσκος προσκόλλησης διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος του φύκου, το είδος του υποστρώματος, την κίνηση του νερού και τη διάρκεια ζωής του φύκου (Χαριτωνίδης, 1996).



Φωτογραφία 1.6 Δίσκος προσκόλλησης του ροδοφύκου

Ο θαλλός έχει μικρό σχετικά μέγεθος (1-10cm) και μπορεί να αποτελείται από έναν ή περισσότερους κύριους άξονες, (Λαζαρίδου, 1994) όπως φαίνεται στη φωτογραφία 1.5.

Το γένος αυτό περιλαμβάνει πολλά είδη, με μεγάλη ποικιλομορφία. Υπάρχουν είδη νηματοειδή, έρποντα και άλλα που σχηματίζουν τούφες αρκετών εκατοστών και είναι πολύ διακλαδισμένα (Χαριτωνίδης & Λαζαρίδου, 1997).

Σε εγκάρσια τομή αποτελείται από ένα κεντρικό αξονικό κύτταρο, το οποίο περιβάλλεται από 4-30 περικεντρικά κύτταρα, ανάλογα με το είδος. Τα κύτταρα αναφέρονται σαν σιφόνια και σε αυτά οφείλεται και το όνομα του γένους. Για το διαχωρισμό των ειδών, ο οποίος να σημειωθεί μπορεί να είναι ιδιαίτερα επίπονος, χρησιμοποιούνται τα εξής κριτήρια :

- αριθμός περικεντρικών κυττάρων
- τρόπος διακλάδωσης του θαλλού
- θέση τριχοβλαστών
- μέγεθος, σχήμα και διάταξη αναπαραγωγικών κυττάρων
- παρουσία ή απουσία φλοίωσης



Φωτογραφία 1.7 : Λεπτομέρεια δομής ατόμου *Polysiphonia* sp.

Το γένος *Polysiphonia* συναντάται σε αρκετές περιοχές της Μεσογείου, κατά τόπους μάλιστα μπορεί να είναι ιδιαίτερα άφθονο, σχηματίζοντας ένα πυκνό πώδες τάπητα ο οποίος καλύπτει σκληρά-βραχώδη υποστρώματα της υποπαραλιακής ζώνης (Athanasiadis, 1997). Γενικά, πρόκειται για ένα γένος πλατιάς γεωγραφικής εξάπλωσης που περιλαμβάνει τη Μεσόγειο, τις Ατλαντικές ακτές της Ευρώπης αλλά και του Καναδά, τις Ειρηνικές ακτές της Β. Αμερικής, την Ιαπωνία, την Αυστραλία και τον Ινδικό ωκεανό. Η μεγάλη ποικιλομορφία του γένους, καθώς και ο μεγάλος αριθμός ειδών ασφαλώς σχετίζονται με τη γεωγραφική κατανομή αυτού του ροδοφύκου. Μια τόσο πλατιά εξάπλωση υπαγορεύει ιδιαιτερότητες στην αναπαραγωγή. Πράγματι, έχουν παρατηρηθεί ακόμα και ενδοειδικές διαφορές (Maggs, 1988) που αφορούν τον τρόπο αναπαραγωγής. Ακόμα και αυτός ο αριθμός των χρωμοσωμάτων μπορεί να διαφέρει ενδοειδικά, ενώ πιστεύεται πως ο βασικός αριθμός χρωμοσωμάτων για την *Polysiphonia* είναι 30 (Kim et al., 1999).

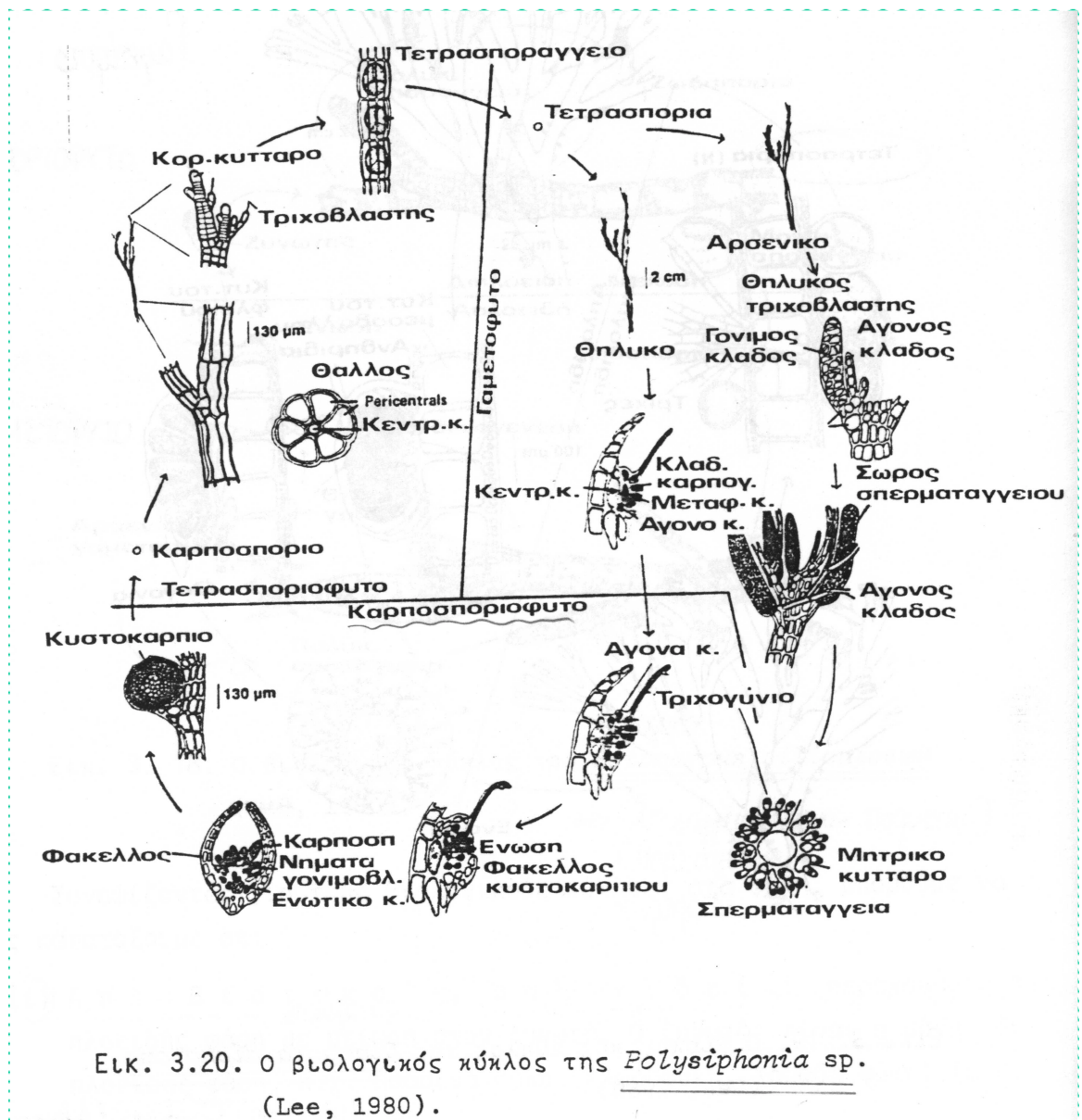
Τα είδη του γένους *Polysiphonia* μπορούν να είναι επίφυτα σε άλλα μακροφύκη. Η σχέση που αναπτύσσεται σ' αυτή την περίπτωση είναι πολύ ειδική και σε καμιά περίπτωση δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά. Το σίγουρο είναι πως λαμβάνουν χώρα ανταλλαγές προϊόντων, όπως στην περίπτωση της επιφυτικής *Polysiphonia lanosa*, η οποία ανταλλάσσει με τον ξενιστή της (*Ascophyllum nodosum*) φωτοαφομοιωτές (Ciciotte & Thomas, 1997). Σε άλλες περιπτώσεις η σχέση μπορεί να είναι ανταγωνιστική (Titlyanova et al., 1995).

Τα ροδοφύκη γενικότερα, επομένως και το γένος *Polysiphonia*, περιέχουν πολυσακχαρίτες. Η τεχνική εκχύλισης αυτών των μακρομορίων είναι γνωστή και για την *Polysiphonia* (Wei & Hang, 1998). Εξάλλου, πρόσφατα επιτεύχθηκε η εκχύλιση βρωμικών φαινολών και βενζαλδεϋδών από το είδος *Polysiphonia sphaerocarpa* (Flodin & Whitfield, 2000). Οι ενώσεις αυτές απομονώθηκαν για πρώτη φορά από θαλάσσια μακροφύκη και έχουν πολλές χρήσεις στην παρασκευή φαρμάκων και αλλού.

1.5.3 Αναπαραγωγή

Η γνώση του τρόπου αναπαραγωγής αλλά και της αναπαραγωγικής επιτυχίας ενός είδους, είναι απαραίτητα στοιχεία προκειμένου να γίνει κατανοητή η δημογραφία του πληθυσμού και το δυναμικό εξάπλωσης και κατανομής του είδους αυτού. Ωστόσο, η γνώση ή ακόμα και η κατανόηση πολλών πλευρών της αναπαραγωγικής βιολογίας των ροδοφυκών είναι περιορισμένη.

Ο βιολογικός κύκλος του γένους *Polysiphonia* sp. είναι διπλοαπλοβοϊοτικός και ισομορφικός. Διπλοαπλοβοϊοτικός σημαίνει ότι υπάρχουν απλοειδείς γαμέτες οι οποίοι παράγουν το γαμετόφυτο, αλλά και διπλοειδείς γαμέτες που παράγουν σπόρια (σποριόφυτο). Οι απλοειδείς γαμέτες που αναπτύσσονται ενώνονται, σχηματίζουν ζυγώτες και αυτοί με τη σειρά τους δίνουν διπλοειδή σποριόφυτα.



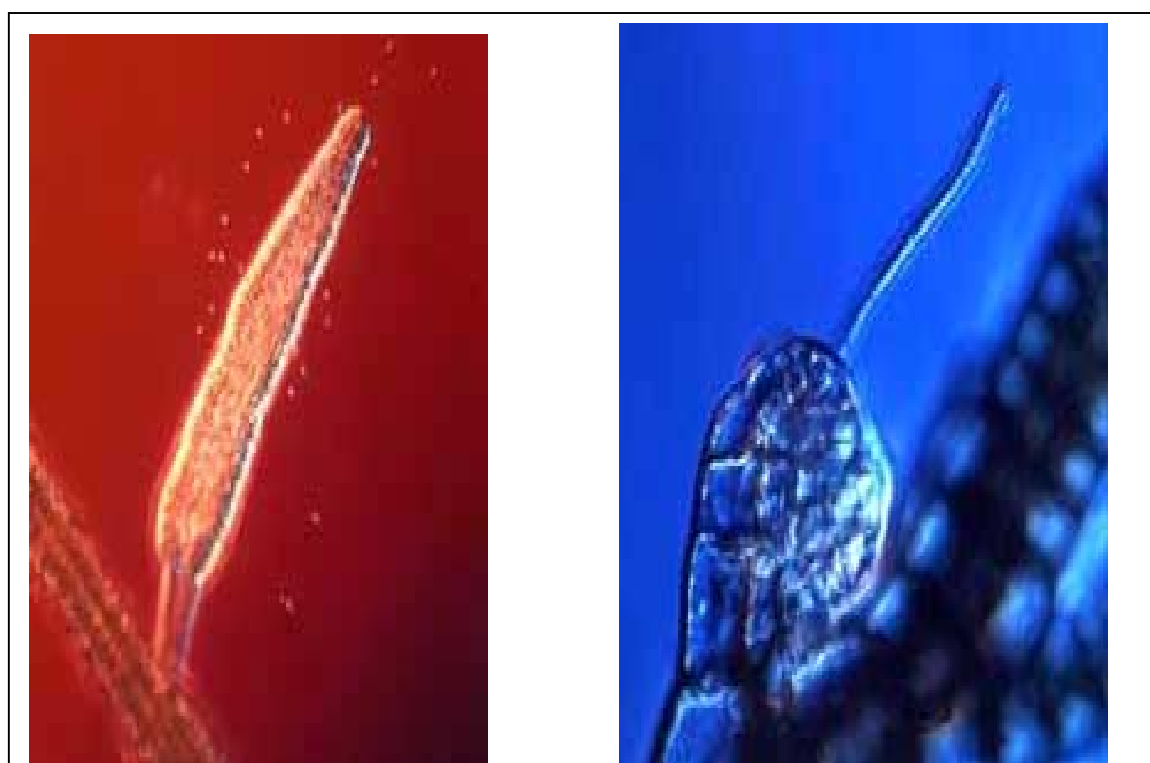
Εικόνα 1.1 Βιολογικός κύκλος της *Polysiphonia* sp.

Τα σποριόφυτα σχηματίζουν σπόρια στα οποία συμβαίνει μείωση και τα οποία αναπτύσσονται σε απλοειδή γαμετόφυτα (Χαριτωνίδης, 1996).

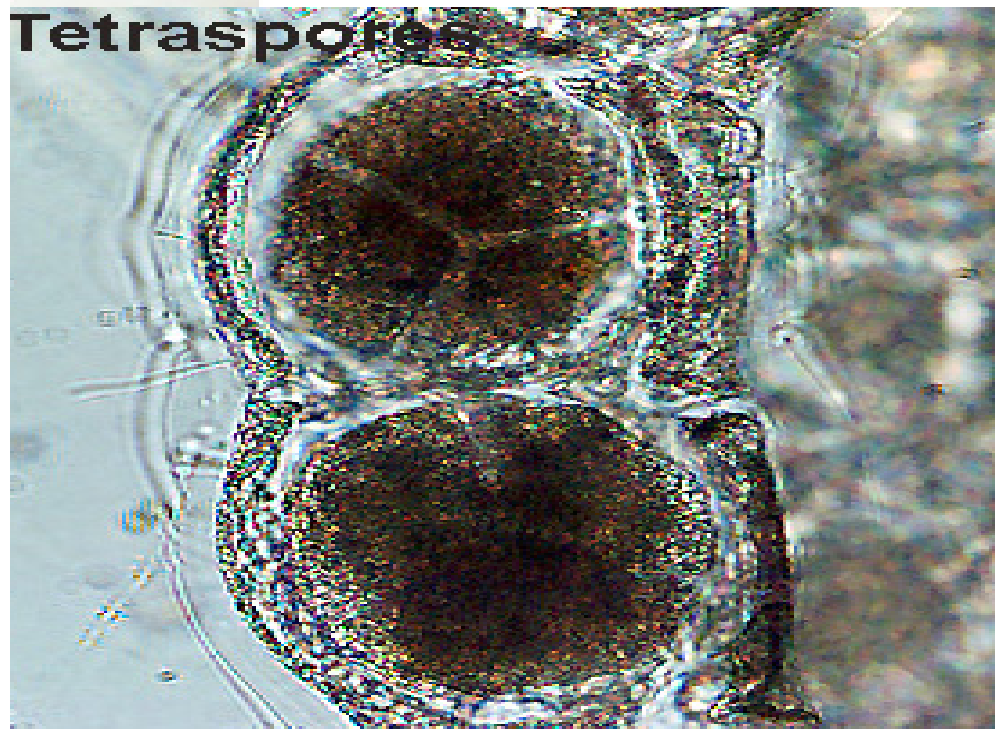
Ισομορφικός κύκλος σημαίνει ότι το γαμετόφυτο και το σποριόφυτο είναι μεταξύ τους δομικά ίσα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της *Polysiphonia* το απλοειδές φυτό που παράγει γαμέτες, εναλλάσσεται με το διπλοειδές φυτό που παράγει σπόρια.

Τα ροδοφύκη δεν χαρακτηρίζονται από μαστιγοφόρα στάδια σε καμιά φάση του κύκλου ζωής τους. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί γρίφο και αποδόθηκε στη σπανιότητα συνγαμίας του πρόγονου των ροδοφυκών. Η αναποτελεσματικότητα της γονιμοποίησης φαίνεται πως οδήγησε στην εξέλιξη μιας πρόσθετης διπλοειδούς γενιάς, του σποριόφυτου, το οποίο τρέφει και πολλαπλασιάζει τους σπάνιους ζυγώτες (Kaczmarek & Dowe, 1997). Έτσι, τα ροδοφύκη παρουσιάζουν εύρος επιτυχίας γονιμοποίησης από 34% μέχρι 99%, και παρά την έλλειψη μαστιγοφόρων γαμετών εμφανίζονται εξίσου αποτελεσματικά με τα φαιοφύκη, τους θαλάσσιους οργανισμούς που αναπαράγονται με εξωτερική γονιμοποίηση ή ακόμα και αυτά τα ανθοφόρα φυτά. Εξάλλου, το σκληρό υπόστρωμα, στο οποίο αναπτύσσονται τα είδη *Polysiphonia* φαίνεται να παρέχει πλεονέκτημα ακριβώς στην έκθεση των καρπογόνιων στα σπερμάτια και επομένως στην επιτυχή αναπαραγωγή, με δύο τρόπους: αφενός, στις «μικροπαγίδες» που δημιουργούνται στο βραχώδες βυθό λόγω των ανωμαλιών του υποστρώματος και αφετέρου, στον κυματισμό του νερού ή και την τοπική μικρής κλίμακας παλίρροια που μεταφέρει πολυάριθμα σπερμάτια στα θηλυκά φυτά. Τέτοιες συνθήκες μικρο-παλίρροιας ή κυματισμού είναι αναπόσπαστο στοιχείο του ενδιαφέροντος της *Polysiphonia*.

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν διακρίνονται τα αναπαραγωγικά όργανα του γένους *Polysiphonia*.



Φωτογραφία 1.8 Αρσενική (αριστερά) και θηλυκή (δεξιά)



Φωτογραφία 1.9 Λεπτομέρεια τετρασπόριου του γένους *Polysiphonia*.

Μελέτες που έγιναν στο εργαστήριο έδειξαν ότι η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία αποτελούν τους σημαντικότερους οικολογικούς παράγοντες που ρυθμίζουν το βιολογικό κύκλο των μακροφυκών (Henry, 1988). Ωστόσο, δεν είναι πάντα εφικτό να προσδιοριστεί αν οι αναπαραγωγικές ιδιαιτερότητες που παρατηρούνται στο εργαστήριο σε σχέση με το πεδίο, οφείλονται σε πολύ συγκεκριμένες απαιτήσεις ενός στενού εύρους, ενός ή περισσότερων παραγόντων, ή σε περιστασιακή απώλεια της φυσιολογικής αναπαραγωγής.

Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί το είδος *Polysiphonia setacea* που αφθονεί στη Μεσόγειο, και του οποίου ο μόνος τρόπος αναπαραγωγής που παρατηρήθηκε στο εργαστήριο ήταν ένα είδος βλαστητικής αναγέννησης (Rindi et al., 1999). Κάποια περικεντρικά κύτταρα αποκτούν σκουρότερο χρώμα και ευκαιριακά παράγουν πολυκύτταρα ριζοειδή, ενώ συγχρόνως πολλαπλασιάζονται δημιουργώντας εξογκώματα από τα οποία θα προκύψουν τα νέα φυτά.

Εξάλλου, στο είδος *Polysiphonia lanosa* παρατηρήθηκε ότι τα άτομα δεν αναπαράγονται μέχρι να φτάσουν ένα κρίσιμο μέγεθος (Kaczmarek & Dowe, 1997). Στο ίδιο είδος, παρατηρήθηκε ασύγχρονη ωρίμανση των γαμετάγγειων επαγόμενη από τη θερμοκρασία. Το

γεγονός αυτό μπορεί να περιορίσει τη σεξουαλική αναπαραγωγή του είδους σε ορισμένες μόνο χρονιές και μπορεί να είναι παράγοντας που συμβάλλει από μόνος του, στο νοτιότερο όριο εξάπλωσής του.

Τέλος, η θερμοκρασία, η ένταση του φωτός και η φωτοπερίοδος εμπλέκονται στον έλεγχο και την απελευθέρωση της φάσης “conchoselis” του ροδοφύκου *Porphyra* (Chen et al., 1970). Αν και ο σχηματισμός αυτής της φάσης πραγματοποιούνται σε μεγάλο σχετικά εύρος θερμοκρασιών και έντασης φωτός, η απελευθέρωση των σπορίων γινόταν σε μια συγκεκριμένη φωτοπερίοδο. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως αύξηση της συνολικής ενέργειας φωτός που φτάνει στο θαλλό και η οποία επάγει την απελευθέρωση σπορίων, οφείλεται δε, στο αυξανόμενο μήκος της ημέρας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τα 8 είδη *Polysiphonia* που βρέθηκαν στη Μήλο (Λαζαρίδου, 1994) παρατηρήθηκαν αναπαραγωγικά στοιχεία μόνο σε 3 από αυτά. Συγκεκριμένα, στο είδος *P. brodiaei*, παρατηρήθηκαν μόνο τετρασποροκύστες το χειμώνα. Στο είδος *P. macrocarpa*, παρατηρήθηκαν τετρασποροκύστες το χειμώνα το καλοκαίρι και το φθινόπωρο και επιπλέον, αρσενικά αναπαραγωγικά όργανα το χειμώνα και θηλυκά το φθινόπωρο. Στο είδος *P. sphaerocarpa* παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη ποικιλία σε αναπαραγωγικά όργανα αφού αρσενικά και θηλυκά όργανα υπήρχαν όλες τις εποχές, τετρασποροκύστες την άνοιξη και το φθινόπωρο και καρποσπόρια το χειμώνα και την άνοιξη. Η απουσία αναπαραγωγικών στοιχείων στα υπόλοιπα είδη του γένους *Polysiphonia* ενδεχομένως να οφείλεται στην εποχικότητα των δειγματοληψιών, όπου για κάποιους μήνες δεν υπήρξαν παρατηρήσεις.

Το εδώδιμο μακροφύκος γένους *Polysiphonia* που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία, αφθονεί την άνοιξη, μειώνεται σημαντικά το καλοκαίρι και επανεμφανίζεται το φθινόπωρο. Ενδεχομένως, το καλοκαίρι να βρίσκεται με κάποια άλλη μορφή (π.χ. σπόρια).

1.5.4 Προσπάθειες καλλιέργειας των ειδών του γένους *Polysiphonia* στο εργαστήριο

Η πιο σημαντική ίσως προσπάθεια καλλιέργειας και διατήρησης του Μεσογειακού είδους *Polysiphonia setacea* έγινε στην Ιταλία (Rindi et al., 1999). Αυτό που έγινε σαφές από αυτή την προσπάθεια ήταν πόσο μπορούν να διαφέρουν τα χαρακτηριστικά –τόσο τα μορφολογικά όσο και τα αναπαραγωγικά- του είδους στο πεδίο και κατά την ανάπτυξή του στο εργαστήριο.

Έτσι, τα άγρια άτομα του πεδίου έχουν θαλλό λίγο ή και καθόλου διακλαδισμένο, ενώ τα άτομα του ίδιου είδους σε καλλιέργεια στο εργαστήριο εμφανίζουν θαλλό έντονα διακλαδισμένο. Επίσης, τα άτομα του εργαστηρίου εμφάνισαν ανάπτυξη ριζοειδών, κάτι που δεν έχει αναφερθεί ποτέ στα άτομα του φυσικού περιβάλλοντος. Μάλιστα, τα ριζοειδή των εργαστηριακών καλλιεργειών ήταν πιο άφθονα σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες (10° και 15°C).

Τέλος, σε εργαστηριακές καλλιέργειες ειδών του γένους *Polysiphonia* καθώς και άλλων γενών της οικογένειας Rhodomelaceae

παρατηρήθηκε συμπλήρωση του αναπαραγωγικού τους κύκλου σχετικά γρήγορα (Karraun, 1978) και με ασυνήθιστους τρόπους βλαστητικής αναπαραγωγής. Μια τέτοια παρατήρηση προτείνει ότι διαφορετικοί μηχανισμοί από την απλή βλαστητική αναπαραγωγή, πρέπει να συνέβαλαν στην πλατιά και ταχεία εξάπλωση του γένους *Polysiphonia* και των επιμέρους ειδών του.

1.6 Σκοπός της μελέτης

Η παρούσα μελέτη εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο των Υδατοκαλλιεργειών. Η απόκτηση γνώσης για ένα σημαντικό φυσικό πόρο για τη χώρα μας – όπως είναι τα μακροφύκη - και μάλιστα ειδών με αποδεδειγμένες ή ακόμα ενδεδειγμένες χρήσεις και εφαρμογές, συμπίπτει με το γενικότερο ενδιαφέρον του εργαστηρίου στο οποίο πραγματοποιήθηκε η εργασία. Συγκεκριμένα, η μελέτη επικεντρώνεται σε ένα εδώδιμο είδος, το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για αυτήν ακριβώς την ιδιότητά του.

Σκοπός της μελέτης είναι :

- α) να συμβάλει στην αναγνώριση του εδώδιμου αυτού μακροφύκου και την περιγραφή των χαρακτηριστικών του
- β) να περιγράψει το περιβάλλον ανάπτυξης του μακροφύκου αυτού
- γ) να μελετήσει τη δυνατότητα παραμονής και επιβίωσής του σε εργαστηριακές συνθήκες
- δ) να μελετήσει την αύξησή του σε διαφορετικά θρεπτικά μέσα και κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτοπεριόδου.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Δειγματοληψία του εδώδιμου μακροφύκους *Polysiphonia* sp.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στο Σφηνάρι Κισσάμου, ένα κόλπο 30 χλμ. δυτικά του Καστελίου Κισσάμου, όπου ευδοκimeί το εδώδιμο ροδοφύκος *Polysiphonia* sp. Η δειγματοληψία έγινε το Νοέμβριο, λόγω του ότι η παρατεταμένη καλοκαιρία σε συνδυασμό με νότιους ανέμους που δημιουργούν φαινόμενο τοπικής παλίρροιας, οδήγησε σε καθυστέρηση της ανάπτυξης του εδώδιμου μακροφύκους, που συνήθως, επανεμφανίζεται κατά τον Οκτώβριο. Πριν τη δειγματοληψία, έγινε διερευνητική επίσκεψη της περιοχής τον Ιούλιο. Την περίοδο αυτή δεν υπήρχε το συγκεκριμένο είδος.

Για τη μελέτη των φωτόφιλων κοινωνιών μακροφυκών της Ανατολικής Μεσογείου, εφαρμόζονται πλαίσια των 30x30 cm² και 20x20 cm² (Χαριτωνίδης, 1978), που αντιστοιχούν σε επιφάνεια δειγματοληψίας 400 και 900 cm² αντίστοιχα. Για τη συλλογή των δειγμάτων μας χρησιμοποιήθηκε το ενδιάμεσο μέγεθος μεταλλικού πλαισίου (25x25 = 625 cm²).

2.1.1 Συντήρηση εδώδιμου μακροφύκους *Polysiphonia* sp.

Το δείγμα του εδώδιμου φύκους που λήφθηκε, συντηρήθηκε με 3 διαφορετικούς τρόπους :

α) κάποια άτομα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία με φυσικό θαλασσινό νερό και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα που έγιναν σε τριβλία και σε ενυδρείο.

β) άλλα άτομα τοποθετήθηκαν σε πλαστικό δοχείο που περιείχε διάλυμα φορμαλδεΰδης 10% σε τεχνητό θαλασσινό νερό και το οποίο καλύφθηκε με αλουμινόχαρτο. Το δείγμα αυτό χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του γένους.

γ) τέλος, κάποια άτομα τοποθετήθηκαν νωπά επάνω σε λευκές κόλλες χαρτιού Α₄. Με σκοπό την ξήρανση το δείγμα τοποθετήθηκε ανάμεσα σε φύλλα εφημερίδας. Μεταξύ εφημερίδας και δείγματος τοποθετήθηκε κομμάτι υφασμάτινης φόδρας. Το δείγμα αυτό χρησιμοποιήθηκε επίσης για τον προσδιορισμό του γένους και φυλάσσεται στο herbarium του εργαστηρίου Υδατοκαλλιεργειών.

2.1.2 Δειγματοληψία γειτονικών ειδών

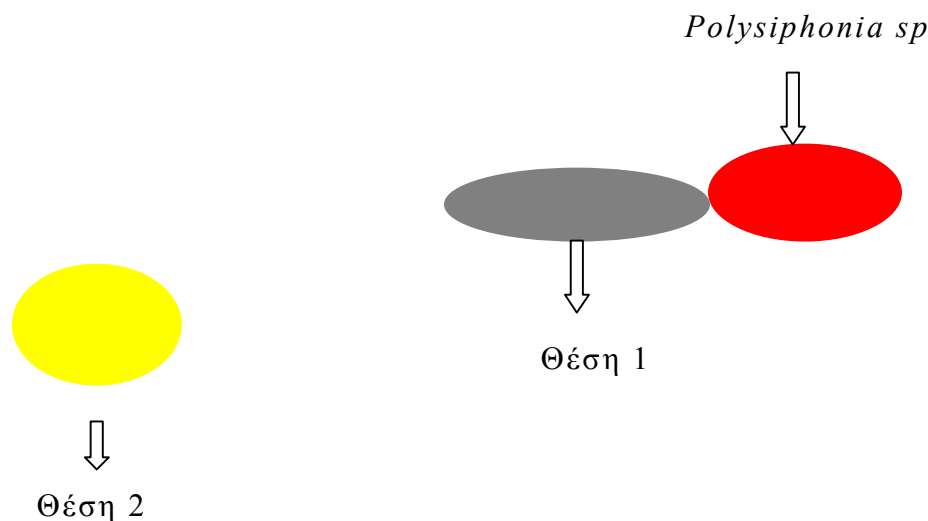
Δείγματα από άλλα είδη που βρίσκονταν στην περιοχή αποσιλώθηκαν από 3 διαφορετικές θέσεις που επιλέχθηκαν ως εξής :

Θέση 1 : βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο βράχο πρόσφυσης της *Polysiphonia* sp. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι στα σημεία πρόσφυσης του εδώδιμου ροδοφύκους, δε βρέθηκε κανένα άλλο είδος. Δίπλα

ακριβώς μπορεί να υπάρχουν άλλα είδη, τα οποία όμως δεν αναμειγνύονται με την *Polysiphonia*.

Θέση 2: βρίσκεται λίγο μακρύτερα από το βράχο πρόσφυσης της *Polysiphonia* sp., ανήκοντας παρ' όλα αυτά στο ίδιο σύμπλεγμα βράχων.

Θέση 3: βρίσκεται σε διπλανό κολπίσκο, στον οποίο όμως αναπτύσσεται *Polysiphonia* sp.



Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση των 2 θέσεων δειγματοληψίας με μεταλλικό πλαίσιο.

Για την αποψίλωση χρησιμοποιήθηκε μεταλλικό πλαίσιο διαστάσεων 25x25 cm², καθώς και ξύστρα, προς αποφυγή απωλειών υλικού. Το υλικό συγκεντρώθηκε σε πλαστικό δοχείο αδιαφανές –ένα δοχείο για κάθε θέση- στο οποίο προστέθηκε στη συνέχεια διάλυμα φορμαλδεΰδης 10% σε τεχνητό θαλασσινό νερό. Τα δοχεία μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών όπου και έγινε η αναγνώριση των ειδών σε επίπεδο γένους με τη βοήθεια στερεοσκοπίου τύπου Olympus SZX9 και μικροσκοπίου τύπου Olympus BX40. Επίσης, το κάθε είδος που βρέθηκε ανά θέση, τοποθετήθηκε σε απορροφητικό χαρτί και στη συνέχεια ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας, προκειμένου να προσδιοριστεί η βιομάζα των ειδών ανά θέση δειγματοληψίας.

Τέλος, με μάσκα και ελεύθερη κατάδυση, έγινε προσπάθεια συλλογής τυχόν άλλων ειδών στην ευρύτερη περιοχή και μέχρι το βαθμό που επέτρεπαν οι δυνατότητές μας. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν με αυτόν τον τρόπο, τοποθετήθηκαν σε πλαστικό δοχείο με διάλυμα φορμαλδεΰδης 10% και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου και αναγνωρίστηκαν.

2.1.3 Συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας

Την ημέρα της δειγματοληψίας, μετρήθηκε η θερμοκρασία στο νερό, με τη βοήθεια θερμομέτρου υδραργύρου, συνολικά 6 φορές από τις 9:30 μέχρι τις 17:30 και σε διάστημα μιάμισης ώρας.

Η αλατότητα μετρήθηκε στο εργαστήριο με αλατόμετρο τύπου ATAGO N-50E από δείγμα νερού που μεταφέρθηκε από το πεδίο σε πλαστικό μπουκάλι.

2.2 Ενυδρείο πειραματισμού

Κάποια από τα άτομα *Polysiphonia* που μεταφέρθηκαν σε δοχείο με φυσικό θαλασσινό νερό, τοποθετήθηκαν μέσα σε ενυδρείο, προκειμένου να εξακριβωθεί το διάστημα για το οποίο είναι ικανά να διατηρηθούν σε αυτές τις εργαστηριακές συνθήκες.

2.2.1 Προετοιμασία ενυδρείου

Ενυδρείο χωρητικότητας 30 περίπου λίτρων από πολυεστέρα, αδιαφανές, με τζάμι στη μία όψη και πλαστικό καπάκι, πλύθηκε με νερό βρύσης. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν μέσα σε αυτό :

- πλαστική σχάρα στον πυθμένα προκειμένου να χρησιμεύσει σαν υπόστρωμα προσκόλλησης των μακροφυκών
- τεχνητό θαλασσινό νερό αλατότητας 34‰
- θερμομέτρο υδραργύρου για ένδειξη της θερμοκρασίας μέσα στο ενυδρείο
- σύστημα αερισμού το οποίο υποκαθιστούσε το φυσικό κυματισμό του πεδίου

Το ενυδρείο φωτιζόταν σε όλη του την επιφάνεια από λάμπα φθορίου 40W, η οποία ήταν η κύρια πηγή φωτός .

2.2.2 Τοποθέτηση δείγματος στο ενυδρείο

Από τα άτομα που συλλέχθηκαν στο πεδίο και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο με πλαστικό δοχείο και μέσα σε φυσικό θαλασσινό νερό, ένα μέρος τοποθετήθηκε στο ενυδρείο. Έγινε προσπάθεια τα άτομα που εισήχθησαν στο ενυδρείο να έχουν σε όσο το δυνατόν καλύτερη κατάσταση το δίσκο προσκόλλησης, ώστε να μπορέσουν να προσκολληθούν.

Τα άτομα τοποθετήθηκαν σε μικρή απόσταση το ένα από το άλλο, όπως προσφύονται στο πεδίο, και το νερό σχεδόν τα κάλυπτε ολοκληρωτικά, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι καλύτερες δυνατές συνθήκες επαφής και διαβροχής με το νερό.

Ο τεχνητός αερισμός εξασφάλιζε την κίνηση και την ισορροπία των διαλυμένων αερίων στο νερό. Κατά τη μελέτη επιβίωσης του μακροφύκου στο ενυδρείο, δεν υπήρχαν θηρευτές ούτε για το εξεταζόμενο είδος, ούτε για τα επίφυτα που βρίσκονταν πάνω σε αυτό.

2.2.3 Μετρήσεις

Κάθε μέρα, ελέγχονταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας του νερού. Η θερμοκρασία διατηρήθηκε σταθερή στους 18°C, καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής των ατόμων στο ενυδρείο. Η αλατότητα ήταν αρχικά 34‰, ενώ προοδευτικά παρουσίασε αύξηση. Προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή, για κάθε βαθμό αύξησης προσθέτονταν 80ml γλυκού νερού (βρύσης).

Η φωτοπερίοδος ήταν 12 ώρες φως και 12 ώρες σκοτάδι, που αντιστοιχεί περίπου στη φωτοπερίοδο του εαρινού και χειμερινού ηλιοστάσιου. Συγκεκριμένα, η λάμπα άναβε στις 9:00 το πρωί και έσβηνε στις 9:00 το βράδυ.

Τέλος, δύο φορές συνολικά, κατά τη 2η και την 8η μέρα παραμονής των δειγμάτων στο ενυδρείο, προστέθηκε το θρεπτικό F₂, του οποίου η ακριβής σύσταση αναφέρεται παρακάτω. Το θρεπτικό αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε καλλιέργειες φυτοπλαγκτικών οργανισμών και δίδεται σε αναλογία 0,25g/l νερού. Στην περίπτωση του ενυδρείου χρησιμοποιήθηκαν 0,70g συνολικά, τα οποία διαλύθηκαν σε μικρή ποσότητα γλυκού νερού σε μηχανικό αναδευτήρα τύπο Vortex.

Κάποια από τα άτομα του ενυδρείου φωτογραφήθηκαν με ψηφιακή κάμερα Olympus C-3030Z00M.

2.3 Τριβλία πειραματισμού

Τα στελέχη του εδώδιμου ροδοφύκου *Polysiphonia* sp.τα οποία μεταφέρθηκαν από το πεδίο σε φυσικό θαλασσινό νερό και δεν τοποθετήθηκαν στο ενυδρείο, χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη κορυφαίων τμημάτων και την εισαγωγή τους σε τριβλία με θρεπτικό υλικό, προκειμένου να μελετηθεί ποσοτικά η αύξησή τους.

2.3.1 Θρεπτικά

Ελέγχθηκε η ικανότητα αύξησης της *Polysiphonia* σε 3 διαφορετικά θρεπτικά υποστρώματα: το F₂, το F₂ εμπλουτισμένο με άλατα και το MAN. Η αναλυτική σύσταση των θρεπτικών αυτών στη συμπυκνωμένη μορφή τους είναι η ακόλουθη:

1) <u>Θρεπτικό μέσο F₂</u> :	NaNO ₃	30%	} + βιταμίνες (βιοτίνη, θειαμίνη, κυανοκοβαλαμίνη)
	NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	2%	
	Na ₂ EDTA	2%	
	FeCl ₃ ·6H ₂ O	1,26%	
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,0084%	
	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0,0080%	
	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,0040%	
	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,0040%	
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,0010%	
	NH ₄ Cl	10%	
	Ανενεργά στοιχεία	54%	

Οι βιταμίνες προστίθενται ως εξής: βιοτίνη 5μg/l
κυανοκοβαλαμίνη 5μg/l
θειαμίνη 100 μg/l

Σημ. Το θρεπτικό μέσο F₂ αγοράζεται έτοιμο με την επωνυμία New F Media Algal Salt Type II, από την εταιρία M&M Suppliers.

2) Θρεπτικό μέσο F₂ εμπλουτισμένο με άλατα :

α) NaNO ₃	75g/l	απεσταγμένου νερού	
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	5g/l	«	
β) FeCl ₃ .6H ₂ O	15,8g/4,5l	«	} + βιταμίνες (θειαμίνη, βιοτίνη, B ₁₂)
Na ₂ EDTA	24,3g/4,5l	«	
γ) ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,23g/10ml	«	
MnCl ₂ .4H ₂ O	1,52g/10ml	«	
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0,053g/10ml	«	
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,141g/10ml	«	
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.10g/10ml	«	

δ) Οι βιταμίνες προστίθενται ως εξής:

- βιοτίνη 50mg/100ml απεσταγμένου νερού
- B₁₂ 50mg/100ml «
- θειαμίνη 100mg/10ml «

Η παρασκευή του θρεπτικού γίνεται ως εξής: 5ml από τα γ) και δ) προσθέτονται στο β) και συμπληρώνονται μέχρι τα 5l με απεσταγμένο νερό.

3) Θρεπτικό μέσο MAN :

NaNO ₃	17g/l	
NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O	1,56g/l	
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,0198g/l	
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,0242	
ZnCl ₂	0,0136	
CoCl ₂	0,0015	
CuSO ₄	0,00159	
EDTA	0,968	
Κιτρικός σίδηρος	0,49	

} + βιταμίνες
(θειαμίνη, βιοτίνη, κυανοκοβαλαμίνη)

Οι βιταμίνες προστίθενται ως εξής:

- θειαμίνη 35mg/l
- βιοτίνη 5mg/l
- κυανοκοβαλαμίνη 3mg/l

Καθένα από τα θρεπτικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και το θαλασσινό νερό, αποστειρώθηκαν σε κλίβανο, σε θερμοκρασία 110°C για 20 λεπτά. Πριν την αποστείρωση, τα παραπάνω θρεπτικά διαλύθηκαν ως εξής:

- Θρεπτικό μέσο F₂ : διάλυση σε μηχανικό αναδευτήρα Vortex 0,25g/l
- Θρεπτικό μέσο F₂ εμπλουτισμένο με άλατα : προσθήκη 2 ml/l
- Θρεπτικό μέσο MAN : 10ml/l

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η προσθήκη των βιταμινών στα θρεπτικά, έγινε μετά την αποστείρωση, έτσι ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή τους λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.

Από τα θρεπτικά, λαμβάνονταν η απαιτούμενη ποσότητα κάθε φορά, και το υπόλοιπο φυλάσσονταν στο ψυγείο, σε θερμοκρασία 2°C.

2.3.2 Τοποθέτηση δειγμάτων στα τριβλία

Σε κάθε τριβλίο τοποθετήθηκαν 5 κορυφές του 1εκατοστού η μία, που προέρχονταν από το δείγμα του πεδίου που μεταφέρθηκε μέσα σε φυσικό θαλασσινό νερό. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν τα πιο εύρωστα άτομα *Polysiphonia* και κόπηκαν κορυφαία τμήματα με τον παρακάτω τρόπο : χρησιμοποιήθηκε ξυράφι το οποίο απολυμαίνονταν πριν και μετά από κάθε χρήση με αλκοόλη. Κάθε κομμάτι που κόβονταν ελέγχονταν σε στερεοσκόπιο τύπου OLYMPUS – SZH για την ακρίβεια του μήκους του και στη συνέχεια τοποθετούνταν σε δύο διαδοχικά τριβλία – λουτρά με το θρεπτικό στο οποίο τελικά θα τοποθετούνταν, ώστε να γίνει απομάκρυνση τυχόν ξένων υλικών (κυρίως των επιφυτικών οργανισμών). Τελικά, σε κάθε αποστειρωμένο τριβλίο Petri τοποθετούνταν 5 στελέχη που είχαν κοπεί με την παραπάνω διαδικασία και προσθέτονταν το ανάλογο θρεπτικό διάλυμα. Στη συνέχεια, το τριβλίο κλείνονταν με ταινία parafilm και τοποθετούνταν σε απολυμασμένο με αλκοόλη πλαστικό δίσκο. Όλα τα παραπάνω βήματα πραγματοποιούνταν σε απαγωγό.

Συνολικά, ετοιμάστηκαν 6 τριβλία με 5 στελέχη του εδώδιμου μακροφύκους το καθένα, για κάθε θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε. Επιπλέον, σε 6 τριβλία τοποθετήθηκε μόνο θαλασσινό νερό και αποτέλεσαν τους μάρτυρες. Έτσι, ο τελικός αριθμός τριβλίων ήταν 24.

2.3.3 Συνθήκες φωτός και θερμοκρασίας

Οι δίσκοι στους οποίους τοποθετήθηκαν τα τριβλία, εγκαταστάθηκαν στην αίθουσα εντατικού εκκολαπτηρίου των Υδατοκαλλιεργειών του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, όπου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια κλιματιστικού στους 19°C.

Για τα πειράματά μας χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Μια σειρά τριβλίων τοποθετήθηκε μπροστά στο παράθυρο και είχε φυσική φωτοπερίοδο, δηλαδή 10 ώρες φως και 14 σκοτάδι. Το παράθυρο είχε ήλιο από τις 12:00-15:00 περίπου. Μια δεύτερη σειρά τριβλίων, όμοια με την προηγούμενη τοποθετήθηκε επάνω σε ράφι, κάτω από λάμπα φθορίου 40W και σε απόσταση 20cm περίπου από αυτήν, με συνεχόμενο φωτισμό (24 ώρες). Με σκληρό χαρτόνι που τοποθετήθηκε πίσω από τα τριβλία που βρίσκονταν μπροστά στο παράθυρο, αυτά απομονώθηκαν από τις συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού που ορίζονταν από τη λάμπα η οποία βρισκόταν στον ίδιο χώρο. Οι δύο σειρές των τριβλίων δεν τοποθετήθηκαν σε διαφορετικά δωμάτια τα οποία θα εξασφάλιζαν τις διαφορετικές συνθήκες φωτισμού, προκειμένου να βρίσκονται σε ακριβώς όμοιες συνθήκες θερμοκρασίας. Έτσι, οι δύο σειρές τριβλίων βρίσκονταν σε ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και σε διαφορετικές συνθήκες φωτός.

2.3.4 Μετρήσεις αύξησης

Η αύξηση των στελεχών μετρήθηκε 3 φορές συνολικά, την 6η, 13η και 20η ημέρα. Κάθε στέλεχος μεταφέρονταν με λαβίδα σε άλλο τριβλίο και μετριόταν το μήκος του κάτω από στερεοσκόπιο OLYMPUS – SZH. Στη συνέχεια, κόβονταν με απολυμασμένο ξυράφι, μικρό τμήμα της βάσης του, εφόσον αυτό ήταν καταπονημένο από τους χειρισμούς με τη λαβίδα. Η αφαίρεση αυτή γίνονταν προκειμένου να είναι το στέλεχος στην καλύτερη δυνατή κατάσταση, ώστε να ευνοείται η αύξηση.

Η διαδικασία που ακολουθούνταν, μετά την αφαίρεση της βάσης του στελέχους, ήταν η ίδια με αυτή που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.3.2, με γρήγορη κατάδυση σε θρεπτικό υλικό και τελική τοποθέτηση σε νέο αποστειρωμένο τριβλίο με καινούριο θρεπτικό υλικό.

Κατά τις μετρήσεις γίνονταν παρατηρήσεις της κατάστασης των στελεχών, ενώ υπήρχαν και περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν κρίθηκε απαραίτητη η αφαίρεση τμήματος της βάσης. Σε κάθε μέτρηση σημειώνονταν το μήκος και το νέο μήκος που προέκυπτε μετά την αφαίρεση του τμήματος της βάσης.

Κάποια στελέχη δεν μπόρεσαν να φτάσουν υγιή μέχρι το τέλος των μετρήσεων. Αυτά αφαιρέθηκαν από τα τριβλία και σημειώθηκε ο τελικός αριθμός στελεχών που έμειναν σε κάθε τριβλίο μετά τη μέτρηση.

2.4 Αναγνώριση ειδών – Εκτίμηση αφθονίας

Στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Κρήτης έγιναν οι αναγνωρίσεις :

- α) του εδώδιμου φύκους (σε επίπεδο γένους)
- β) των φυκών που συλλέχθηκαν στις 3 θέσεις με μεταλλικό πλαίσιο (σε επίπεδο γένους ή είδους)
- γ) των φυκών που συλλέχθηκαν με μάσκα, από την ευρύτερη περιοχή (σε επίπεδο γένους)

Για τις αναγνωρίσεις χρησιμοποιήθηκαν τα συντηρημένα δείγματα σε διάλυμα φορμαλδεΰδης 10%, καθώς και τα αποξηραμένα δείγματα του εδώδιμου είδους. Όλες οι αναγνωρίσεις έγιναν σε επίπεδο γένους, με τη βοήθεια κλείδας συστηματικής κατάταξης των μακροφυκών και διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικής με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και το διαχωρισμό των ειδών.

Τα φύκη που προέρχονταν από τις 3 θέσεις αποψίλωσης με τα μεταλλικά πλαίσια, αφού αναγνωρίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε απορροφητικό χαρτί και ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας, ανά φύκος και ανά θέση.

2.5 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Η διερεύνηση της συσχέτισης και της σημασίας των παραμέτρων που μελετήθηκαν, έγινε με τη βοήθεια εξειδικευμένων προγραμμάτων στατιστικής επεξεργασίας.

Ένα μέρος των δεδομένων αφορούσε την αύξηση των κορυφαίων τμημάτων του ροδοφύκου σε τριβλία, κάτω από εργαστηριακές συνθήκες και με την επίδραση 3 διαφορετικών θρεπτικών μέσων και 2 διαφορετικών συνθηκών φωτοπεριόδου. Τα δεδομένα αυτά είχαν μορφή πολυπαραγοντική, δεδομένου ότι περιείχαν το στοιχείο του χρόνου, του διαφορετικού θρεπτικού, της διαφορετικής φωτοπεριόδου και της επανάληψης (3 τριβλία για κάθε περίπτωση).

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC Pentium II – MMX CPU at 350MHz) με τη βοήθεια κλασικών λογισμικών προγραμμάτων (Excel 2000) και εξειδικευμένων προγραμμάτων στατιστικής επεξεργασίας (Statistica).

Συγκεκριμένα, για την ανάλυση και συσχέτιση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η **ανάλυση διασποράς** (ANOVA =Analysis of Variance). Πρόκειται για μέθοδο σύγκρισης των μέσων όρων περισσότερων από δύο δειγμάτων (Sokal & Rohlf). Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές, επιδρούν στα δεδομένα του πειράματος με τη μορφή διαφορετικών συνθηκών.

Εξετάζεται η μηδενική υπόθεση H_0 , σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών συνθηκών. Η ANOVA καταλήγει σε μια αριθμητική τιμή, το F-κριτήριο και στην πιθανότητα p που ισχύει αυτή η τιμή. Αυτά τα στοιχεία δίνουν τη δυνατότητα σύγκρισης με το F θεωρητικό (για $p=0,05$), ώστε να απορριφθεί ή να αποδειχτεί η H_0 και επομένως να δειχτεί αν η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι σημαντική ή όχι στη μεταβολή των δεδομένων.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες (two-ways Analysis of Variance), την αύξηση και τα διαφορετικά θρεπτικά μέσα, προκειμένου να συγκριθεί η αύξηση της *Polysiphonia* σε σχέση με το θρεπτικό μέσο.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Περιοχή δειγματοληψίας

α) Περιγραφή

Πρόκειται για κλειστό, φυσικό κόλπο, ο οποίος είναι προστατευμένος. Έχει καθαρά δυτικό προσανατολισμό και οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι κυρίως δυτικοί. Η θάλασσα μπορεί να είναι συχνά κυματώδης.

Η ακτή έχει μεγάλα βότσαλα, ενώ το υπόστρωμα στη θάλασσα είναι σκληρό, βραχώδες, ιδανικό για την ανάπτυξη μακροφυκών, τα οποία με τη σειρά τους φιλοξενούν πλήθος άλλων οργανισμών. Κατά τόπους το σκληρό υπόστρωμα εναλλάσσεται με μαλακό, αμμώδες, όπου βρίσκουν πεδίο για να αναπτυχθούν θαλάσσια φανερόγαμα (*Cymodocea* και *Posidonia*). Το βάθος της θάλασσας αυξάνεται σταδιακά από την ακτή και καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το βραχώδες υπόστρωμα, που άλλοτε δημιουργεί «ξέρες» και άλλοτε κοιλώματα με απότομη εκβάθυνση.

Ο κόλπος δειγματοληψίας και η διαμόρφωση της ευρύτερης περιοχής φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Φωτογραφία 3.1 Κόλπος δειγματοληψίας (Σφηνάρι Κισσάμου)



Φωτογραφία 3.2 Ευρύτερη περιοχή δειγματοληψίας

Στη θάλασσα καταλήγουν 3 χείμαρροι, οι οποίοι έχουν νερό όλο το χειμώνα και ανάλογα με τις βροχές, μέχρι την άνοιξη ή νωρίς το καλοκαίρι. Αυτό σημαίνει ότι το θαλασσίνο εμπλουτίζεται με γλυκό νερό, γεγονός που επηρεάζει την αλατότητα και τη θερμοκρασία του. Στο Παράρτημα (παράγραφος 1) δίνονται συγκεντρωτικά δεδομένα για:

α) μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης στο σταθμό Παλαιά Ρούματα, από το 1960 μέχρι το 2001.

β) μέση μηνιαία παροχή της πηγής Αγ. Παρασκευής στο Σφηνάρι, από το 1973-1999.

γ) μέσες μηνιαίες τιμές ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας στο σταθμό Καλύβες Χανίων.

δ) χάρτες όπου φαίνονται οι σταθμοί μετρήσεων και η θέση Σφηνάρι.

Σύμφωνα με τους ντόπιους, μέσα στη θάλασσα υπάρχουν υπόγειες πηγές, γεγονός που δεν έχει επιβεβαιωθεί. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι τα δύο τελευταία χρόνια, οι κάτοικοι του χωριού Σφηνάρι, που βρίσκεται επάνω στο δρόμο που κατηφορίζει προς τον κόλπο, ανέπτυξαν δραστηριότητα με θερμοκήπια στην παραλία (διακρίνονται στο βάθος αριστερά στη φωτογραφία 3.2). Το γεγονός αυτό επηρεάζει την ποσότητα του γλυκού νερού που καταλήγει στη θάλασσα, αφού χρησιμοποιείται κατ' εξοχήν για άρδευση. Ασφαλώς, όμως, επηρεάζει και τις ποσότητες θρεπτικών που καταλήγουν σ' αυτήν, αφού η έκπλυση του εδάφους με τη βροχή και τον άνεμο οδηγεί τώρα πια στη θάλασσα και τα λιπάσματα και όποια άλλα παρασκευάσματα χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια.

Η επονομαζόμενη από τους ντόπιους «σαλάτα του γιαλού», δηλαδή το εδώδιμο ροδοφύκος *Polysiphonia*, αναπτύσσεται πάνω στα βράχια που μπορεί να βρίσκονται κοντύτερα ή μακρύτερα από την ακτή. Βρίσκεται πάντα επιφανειακά, στο βράχο, έτσι ώστε το βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας να μην ξεπερνά το 0,5-1 μέτρο. Στη φωτογραφία 3.3 διακρίνονται τέτοια βράχια πρόσφυσης της *Polysiphonia*, ενώ στη φωτογραφία 3.4 φαίνονται από κοντά, ο βράχος και η *Polysiphonia*.



Φωτογραφία 3.3 Υπόστρωμα πρόσφυσης του εδώδιμου μακροφύκους *Polysiphonia sp.*

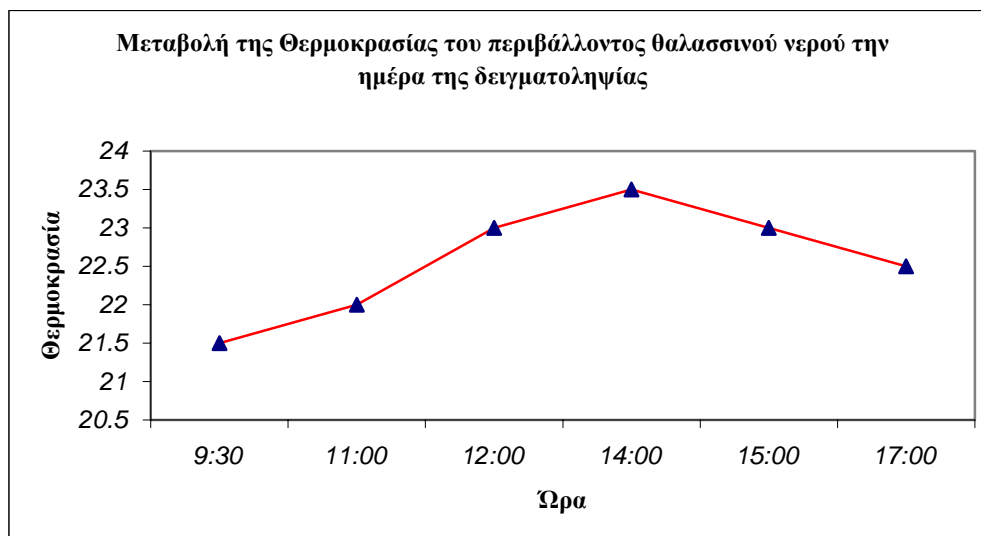


Φωτογραφία 3.4 Το εδώδιμο μακροφύκος *Polysiphonia sp.* επάνω στο υπόστρωμα πρόσφυσής του.

Η «σαλάτα του γιαλού» συλλέγεται από τους ντόπιους με το χέρι, πλένεται σε λεκάνες με θαλασσινό νερό που αλλάζεται 2-3 φορές και τοποθετείται σε γυάλινο δοχείο με ξύδι. Είναι έτοιμη για κατανάλωση με προσθήκη λαδιού και ρίγανης. Η συλλογή γίνεται κατά κύριο λόγο την άνοιξη, όπου η *Polysiphonia* είναι πιο άφθονη.

β) Αβιοτικοί παράγοντες

Την ημέρα της λήψης των δειγμάτων από το πεδίο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος θαλασσινού νερού ήταν όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1:



Διάγραμμα 3.1. Θερμοκρασιακές μεταβολές στην επιφάνεια του νερού την ημέρα της δειγματοληψίας

Αυτές οι διακυμάνσεις αφορούν το επιφανειακό νερό –εφόσον η *Polysiphonia* συλλέχθηκε από βάθος 0,5 μέτρου- , του οποίου η θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας ακολουθώντας τις διακυμάνσεις της ατμόσφαιρας οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, άνεμος, συννεφιά).

Η αλατότητα που μετρήθηκε στο πεδίο ήταν 37‰.

3.2 Χλωριδική σύσταση των 3 θέσεων στον τόπο δειγματοληψίας

Η περιοχή όπου έγινε η δειγματοληψία ήταν πλούσια σε μακροφύκη. Τα γένη που συλλέχθηκαν από την ευρύτερη περιοχή και αναγνωρίστηκαν στη συνέχεια στο εργαστήριο, ήταν :

- *Padina*
- *Cystoseira*
- *Gigartina*
- *Fosliella*
- *Ectocarpus*
- *Polysiphonia*
- *Jania*
- *Cymodocea*

Από τα γένη αυτά η *Padina*, *Cystoseira* και *Ectocarpus* είναι φαιοφύκη, η *Fosliella* και *Gigartina* είναι ροδοφύκη και η *Cymodocea* είναι θαλάσσιο φανερόγαμο. Κάποια από αυτά βρέθηκαν στις 3 θέσεις όπου έγινε η δειγματοληψία με πλαίσιο. Συγκεκριμένα, τα γένη που βρέθηκαν σε αυτές τις θέσεις με τη μεγαλύτερη αφθονία ήταν:

- *Padina*
- *Cystoseira*
- *Cymodocea*
- *Fosliella*

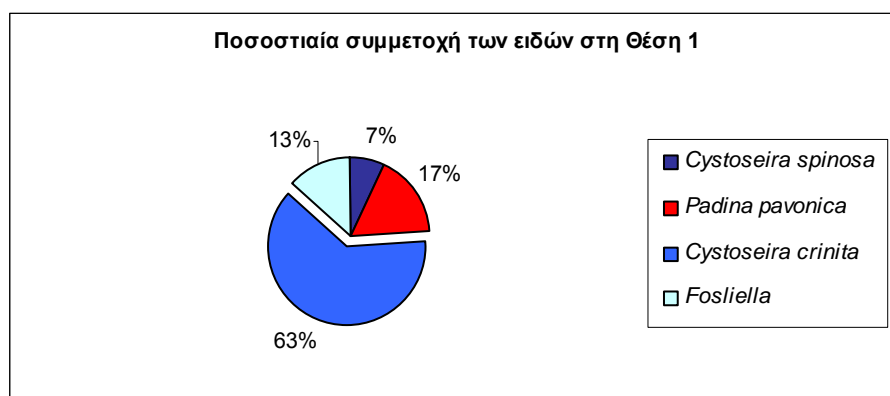
Το νωπό βάρος (σε γραμμάρια) των ειδών που αναγνωρίστηκαν από τα παραπάνω γένη στις θέσεις δειγματοληψίας φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Είδη και νωπό βάρος μακροφυκών ανά σταθμό δειγματοληψίας.

	<i>Cystoseira spinosa</i>	<i>Padina pavonica</i>	<i>Cystoseira crinita</i>	<i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Fosliella</i> sp.
Θέση 1	1,87	4,35	16,15		3,45
Θέση 2	55	0,16	6,95	1,09	0,62
Θέση 3	16,19	1,93	7,08	1,75	0,44

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι ανάμεσα στα μακροφύκη εντοπίστηκε στις θέσεις 2 και 3 το θαλάσσιο φανερόγαμο η *Cymodocea nodosa* το οποίο είναι στην πραγματικότητα είδος του μαλακού υποστρώματος. Επίσης, από τον πίνακα φαίνεται ότι το μόνο ροδοφύκος που βρέθηκε και στις 3 θέσεις δειγματοληψίας ήταν η *Fosliella* sp.

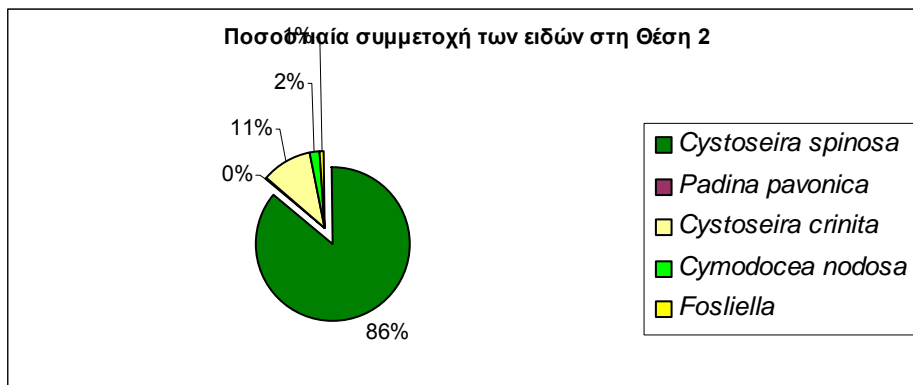
Από πλευράς βάρους, η *Cystoseira* φαίνεται να είναι η επικρατέστερη. Η κατά νωπό βάρος σύσταση ειδών στις 3 θέσεις δειγματοληψίας φαίνεται στα διαγράμματα 3.2, 3.3 και 3.4.



Διάγραμμα 3.2 Ποσοστιαία κατά νωπό βάρος σύσταση των ειδών στη θέση 1 δειγματοληψίας.

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος 3.2 προκύπτει ότι :

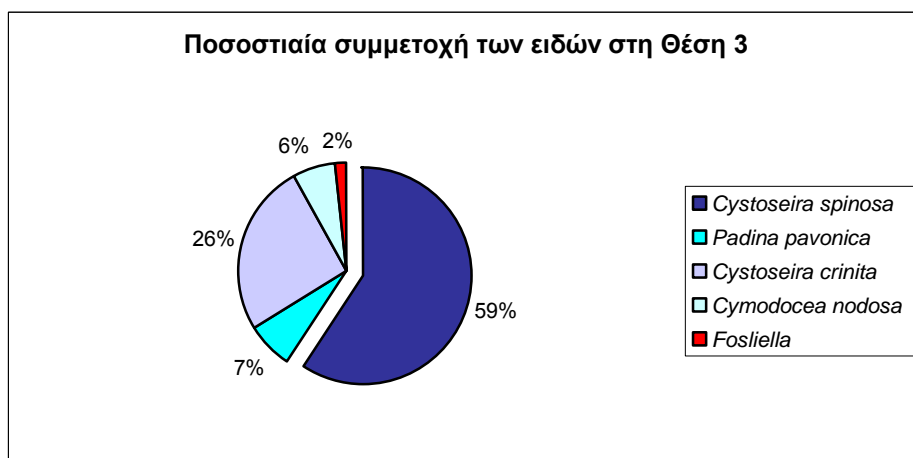
- στη θέση 1 υπερέχει σημαντικά το φαιοφύκος *Cystoseira crinita*.
- σημαντικά ποσοστά έχουν επίσης το φαιοφύκος *Padina* και το ροδοφύκος *Fosliella*



Διάγραμμα 3.3 Ποσοστιαία κατά νωπό βάρος σύσταση των ειδών στη θέση 2 δειγματοληψίας.

Από τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στο διάγραμμα 3.3 προκύπτει ότι :

- το είδος που υπερέχει σημαντικά στη θέση 2 είναι το φαιοφύκος *Cystoseira spinosa*
- τα φαιοφύκη *Cystoseira spinosa* και *Cystoseira crinita* αποτελούν σχεδόν το 100% της συγκεκριμένης θέσης δειγματοληψίας
- επάνω στα άτομα της *Cystoseira* βρέθηκαν σε αυτή τη θέση επίφυτα που ανήκουν στο γένος των ροδοφυκών *Jania*.

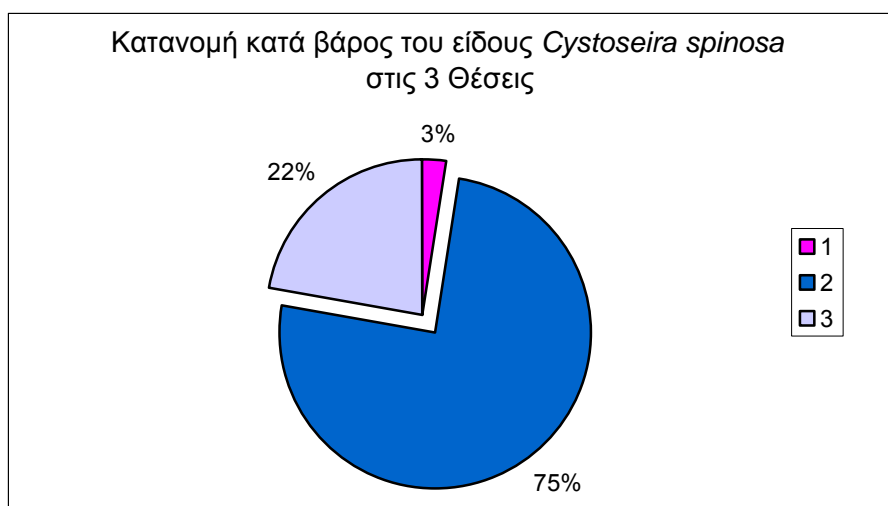


Διάγραμμα 3.4 Ποσοστιαία κατά νωπό βάρος σύσταση των ειδών στη θέση 3 δειγματοληψίας.

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος 3.4 προκύπτει :

- το είδος που υπερέχει και σε αυτή τη θέση είναι το φαιοφύκος *Cystoseira spinosa*.
- σε αυτή τη θέση παρατηρήθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό του θαλάσσιου φανερόγαμου *Cymodocea nodosa*.

Συνολικά, και στις τρεις θέσεις του σταθμού δειγματοληψίας το φαιοφύκος *Cystoseira spinosa* είναι αυτό που έχει μεγαλύτερη αφθονία. Στο διάγραμμα 3.5 φαίνεται η συμμετοχή του σε νωπό βάρος στις 3 θέσεις δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 3.5 Ποσοστιαία κατά νωπό βάρος σύσταση του είδους *Cystoseira spinosa* στις 3 θέσεις δειγματοληψίας.

Είναι αξιοπρόσεκτο ότι η θέση 1 στην οποία το συγκεκριμένο είδος έχει τη μικρότερη συμμετοχή, είναι η κοντινότερη στο σημείο πρόσφυσης της *Polysiphonia*.

3.3 Συνθήκες ενυδρείου

Τα στελέχη του μακροφύκου *Polysiphonia* που συλλέχθηκαν από το πεδίο και τοποθετήθηκαν σε ενυδρείο στο εργαστήριο επέζησαν 11 ημέρες. Τα αποτελέσματα των διακυμάνσεων της αλατότητας και θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια συντήρησης του δείγματος στο ενυδρείο, φαίνονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας ενυδρείου

μέρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Θ (°C)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
So (‰)	35	35	38	35	37	39	35	36	37	41
St (‰)			33			33				33
Θρεπτικό F2		0,70gr/l								0,70gr/l

So : η αρχική αλατότητα που μετρήθηκε στο ενυδρείο τη συγκεκριμένη μέρα

St : η τελική αλατότητα στο ενυδρείο τη συγκεκριμένη μέρα μετά από προσθήκη 400ml νερού βρύσης.

Τελικά, η μέση αλατότητα στο ενυδρείο ήταν 37‰.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.2, τη 2^η και 10^η μέρα προστέθηκε στο ενυδρείο το θρεπτικό F2 και συγκεκριμένα ποσότητα 0,70g κάθε φορά.

Στις 8 μέρες παραμονής των στελεχών *Polysiphonia* στο ενυδρείο κάποια άτομα είχαν νεκρωθεί, τα οποία και αφαιρέθηκαν. Την 11^η μέρα όλα τα άτομα είχαν νεκρωθεί, οπότε αφαιρέθηκαν και τοποθετήθηκαν σε διάλυμα φορμαλδεΐδης 10% σε τεχνητό θαλασσινό νερό.

Μετά από 1 εβδομάδα παραμονής στο ενυδρείο στο θαλλό των στελεχών της *Polysiphonia* αναπτύχθηκε σε σημαντικό βαθμό ένα επίφυτο το οποίο υπήρχε και στα αρχικά δείγματα του πεδίου αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό. Επίσης, ανάμεσα στα στελέχη της *Polysiphonia* αναπτύχθηκαν άτομα δεύτερου επιφυτικού είδους το οποίο και πάλι υπήρχε στα αρχικά δείγματα αλλά σε μικρότερο βαθμό. Ο προσδιορισμός του επίφυτου αυτού δεν ήταν δυνατός. Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται η ανάπτυξη του επάνω στο θαλλό της *Polysiphonia*.

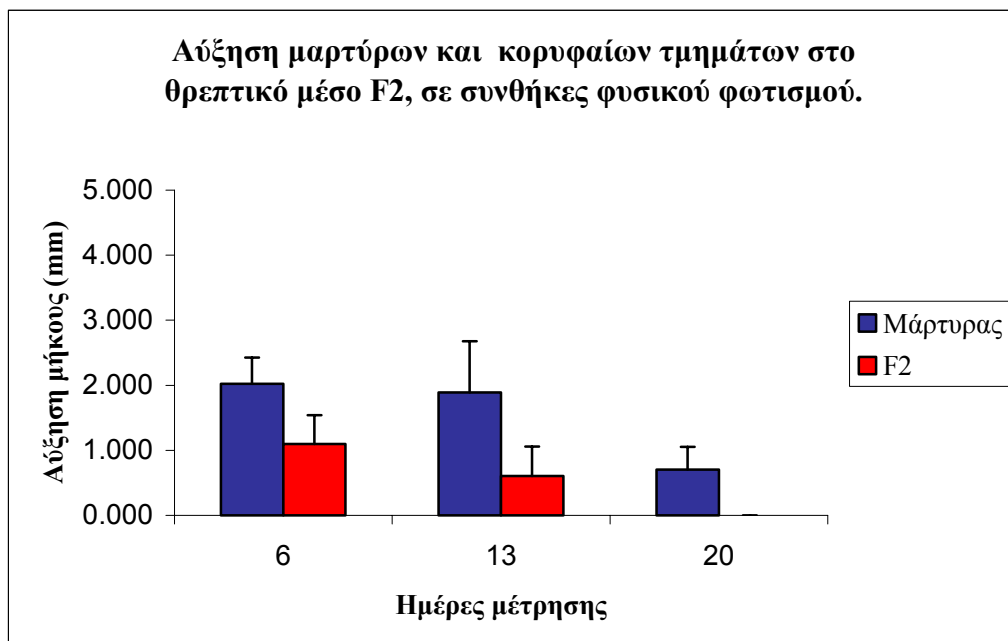


Φωτογραφία 3.5 Ανάπτυξη επιφυτικού είδους ανάμεσα και πάνω σε άτομα *Polysiphonia*

3.4 Αποτελέσματα αύξησης σε τριβλία

3.4.1 Αύξηση κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* σε τριβλία με 3 διαφορετικά θρεπτικά μέσα

Στο διάγραμμα 3.6 απεικονίζεται ο μέσος όρος αύξησης των κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* sp. σε τεχνητό θαλασσινό νερό (μάρτυρας) και στο θρεπτικό μέσο F2 σε συνθήκες φυσικού φωτισμού, κατά τη διάρκεια των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (στις 6, 13 και 20 ημέρες).

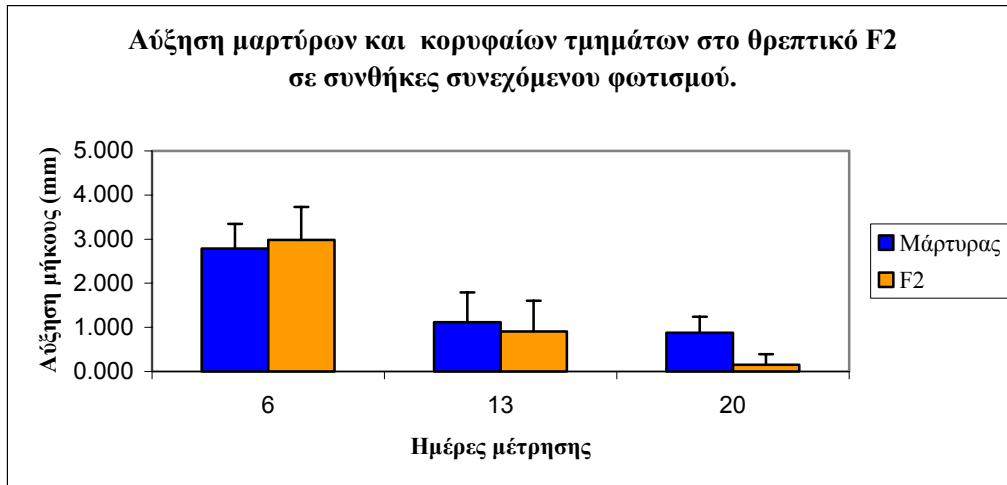


Διάγραμμα 3.6 Αύξηση του είδους *Polysiphonia* sp. στο θρεπτικό μέσο F2., σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και θερμοκρασίας 19°C. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στο διάγραμμα 3.6 παρατηρούμε τα εξής:

- η αύξηση μειώνεται σταδιακά με το χρόνο σε συνθήκες φυσικού φωτισμού, τόσο στους μάρτυρες όσο και στα κορυφαία τμήματα που βρίσκονται στο θρεπτικό μέσο F2.
- η αύξηση των κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό μέσο F2, είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή των μαρτύρων.

Στο διάγραμμα 3.7 απεικονίζεται ο μέσος όρος αύξησης των κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* sp. σε τεχνητό θαλασσινό νερό (μάρτυρας) και σε στο θρεπτικό μέσο F2 σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού, κατά τη διάρκεια των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (στις 6, 13 και 20 ημέρες).

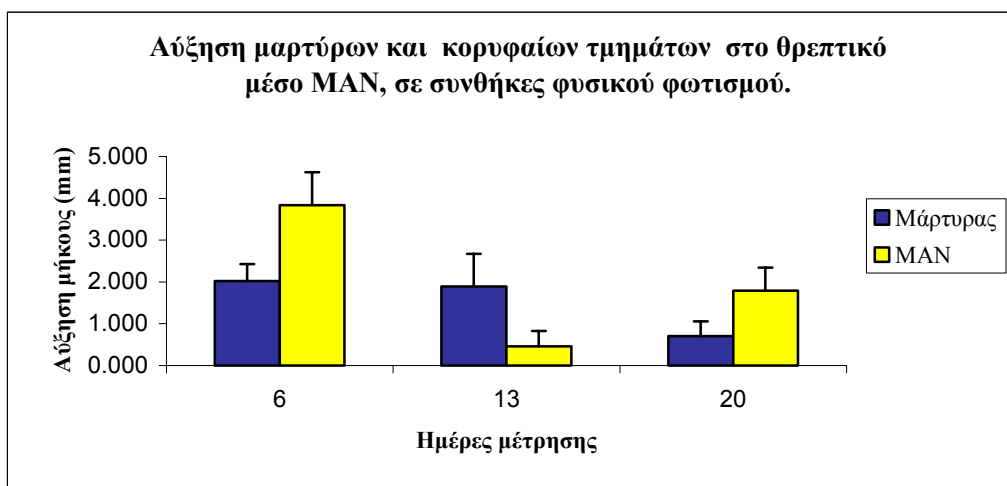


Διάγραμμα 3.7 Αύξηση του είδους *Polysiphonia* sp. στο θρεπτικό μέσο F2., σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού και θερμοκρασίας 19°C. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στο διάγραμμα 3.7 παρατηρούμε τα εξής:

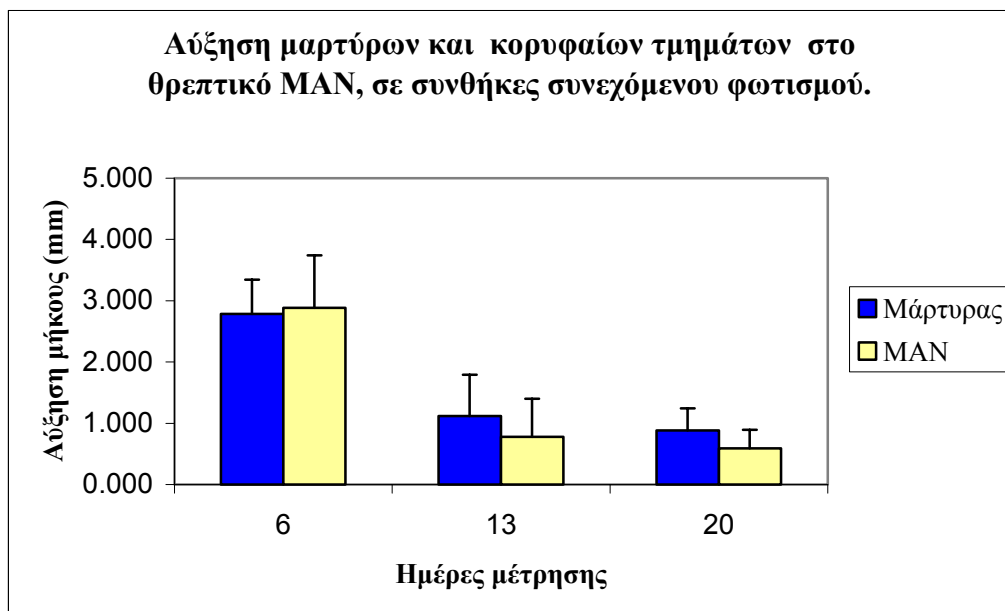
- η αύξηση των κορυφαίων τμημάτων σε συνεχόμενο φωτισμό φθίνει, με απότομη μείωση από τις 6 στις 13 ημέρες, τόσο για τους μάρτυρες όσο και για τα κορυφαία τμήματα στο θρεπτικό F2.
- γενικά η αύξηση των στελεχών στο θρεπτικό F2, είναι καλύτερη σε συνθήκες συνεχόμενου από ότι φυσικού φωτισμού.

Στο διάγραμμα 3.8 απεικονίζεται ο μέσος όρος αύξησης των κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* sp. σε τεχνητό θαλασσινό νερό (μάρτυρας) και στο θρεπτικό μέσο MAN, σε συνθήκες φυσικού φωτισμού κατά τη διάρκεια των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (στις 6, 13 και 20 ημέρες).



Διάγραμμα 3.8 Αύξηση του είδους *Polysiphonia* sp. στο θρεπτικό μέσο MAN., σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και θερμοκρασίας 19°C. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 3.9 απεικονίζεται ο μέσος όρος αύξησης των μαρτύρων, καθώς και των κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν στο θρεπτικό μέσο MAN, σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού, κατά τη διάρκεια των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (στις 6, 13 και 20 ημέρες).

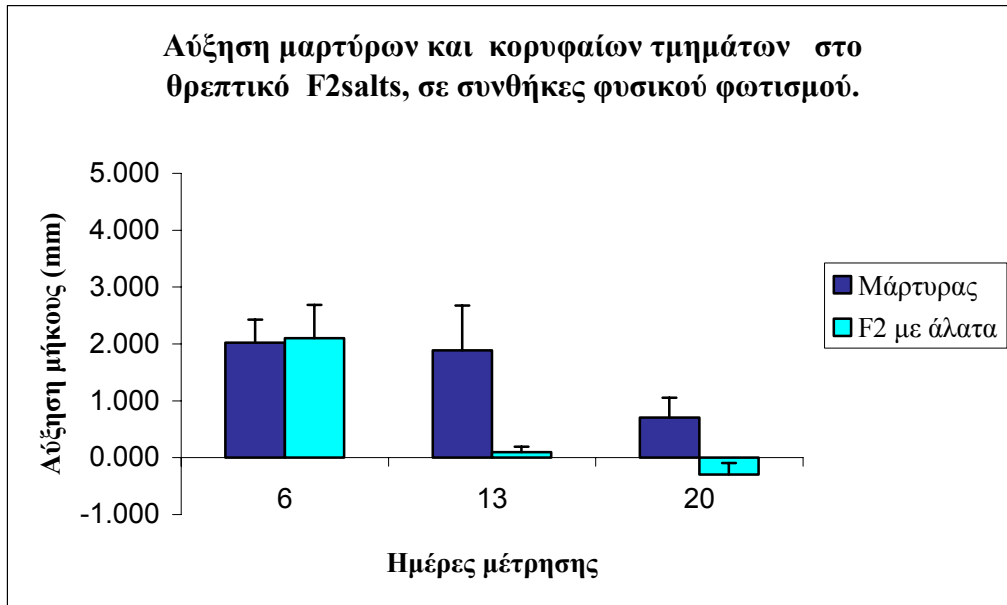


Διάγραμμα 3.9 Αύξηση του είδους *Polysiphonia* sp. στο θρεπτικό μέσο MAN, σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού και θερμοκρασίας 19°C. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στα διαγράμματα 3.8 και 3.9 παρατηρούμε τα εξής:

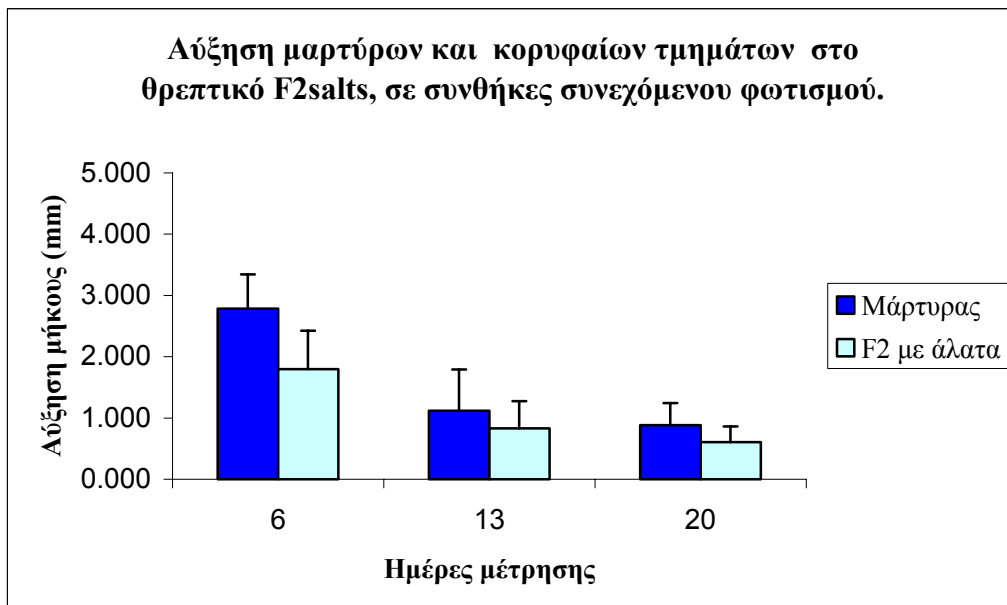
- η αύξηση των κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό μέσο MAN είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των μαρτύρων τις πρώτες 6 ημέρες και σε συνθήκες φυσικού φωτισμού
- η αύξηση κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό μέσο MAN σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού, είναι παρόμοια με αυτή των μαρτύρων.

Στο διάγραμμα 3.10 απεικονίζεται ο μέσος όρος αύξησης των μαρτύρων και των κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν στο θρεπτικό μέσο F2 με άλατα, σε συνθήκες φυσικού φωτισμού κατά τη διάρκεια των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (στις 6, 13 και 20 ημέρες).



Διάγραμμα 3.10 Αύξηση του είδους *Polysiphonia* sp. στο θρεπτικό μέσο F2 με άλατα, σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και θερμοκρασίας 19°C. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Στο διάγραμμα 3.11 απεικονίζεται ο μέσος όρος αύξησης των μαρτύρων και των κορυφαίων τμημάτων του είδους *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν στο θρεπτικό μέσο F2 με άλατα, σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού κατά τη διάρκεια των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν (στις 6, 13 και 20 ημέρες).



Διάγραμμα 3.11 Αύξηση του είδους *Polysiphonia* sp. στο θρεπτικό μέσο F2 με άλατα, σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού και θερμοκρασίας 19°C. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στα διαγράμματα 3.10 και 3.11 παρατηρούμε τα εξής:

- η αύξηση τόσο σε συνεχές όσο και σε φυσικό φωτισμό, στο θρεπτικό F₂ με άλατα, φθίνει σταδιακά.
- σε συνθήκες φυσικού φωτισμού η αύξηση στις 20 ημέρες στο θρεπτικό F₂ με άλατα είναι αρνητική, δηλαδή τα στελέχη έχουν πεθάνει και συρρικνώνονται.

Τα αποτελέσματα της αύξησης των κορυφαίων τμημάτων του μακροφύκου *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν σε τριβλία και σε 3 διαφορετικά θρεπτικά φαίνονται και στους Πίνακες 2.1, 2.2, 2.3 και 2.4 (βλ. Παράρτημα, παράγραφο 2).

3.4.2 Αλληλεπίδραση των παραγόντων θρεπτικό διάλυμα και συνθήκες φωτισμού

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη της αλληλεπίδρασης των παραγόντων θρεπτικό διάλυμα και συνθήκες φωτισμού (ANOVA two-ways, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$) φαίνονται στους πίνακες 3.3, 3.4, 3.5 και 3.6 όπως και στα διαγράμματα 3.12, 3.13, 3.14 και 3.15.

	F	p
Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού δ/τος	2,2 5	0,0864

Πίνακας 3.3 Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού διαλύματος στις 6 ημέρες

	F	p
Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού δ/τος	0,3 3	0,807

Πίνακας 3.4 Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού διαλύματος στις 13 ημέρες

	F	p
Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού δ/τος	6,2 8	0,0007

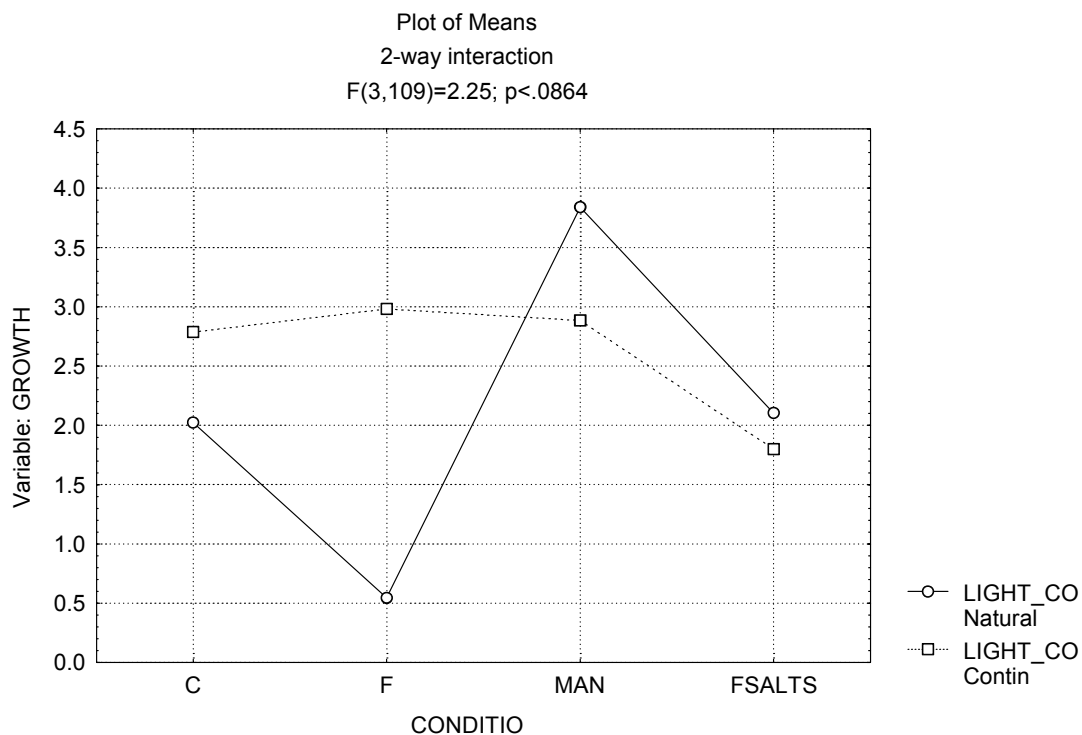
Πίνακας 3.5 Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού διαλύματος στις 20 ημέρες

	F	p
Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού δ/τος	3,4 5	0,0171

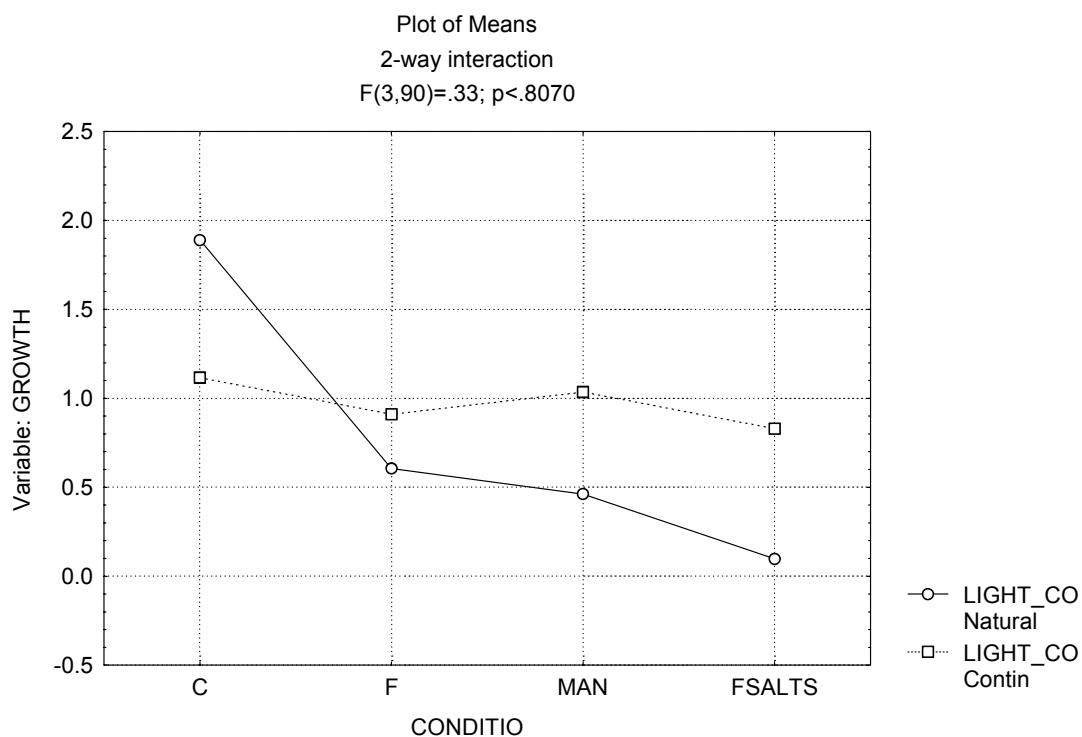
Πίνακας 3.6 Αλληλεπίδραση φωτοπεριόδου-θρεπτικού διαλύματος συνολικά.

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται πως η επίδραση των τριών διαφορετικών θρεπτικών μέσων σε σχέση με τις συνθήκες φωτισμού στις 20 ημέρες είναι στατιστικά σημαντική ($p = 0,0007$), ενώ για τις 13 και κυρίως για τις 6 ημέρες δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά αλληλεπίδρασης θρεπτικών και φωτισμού.

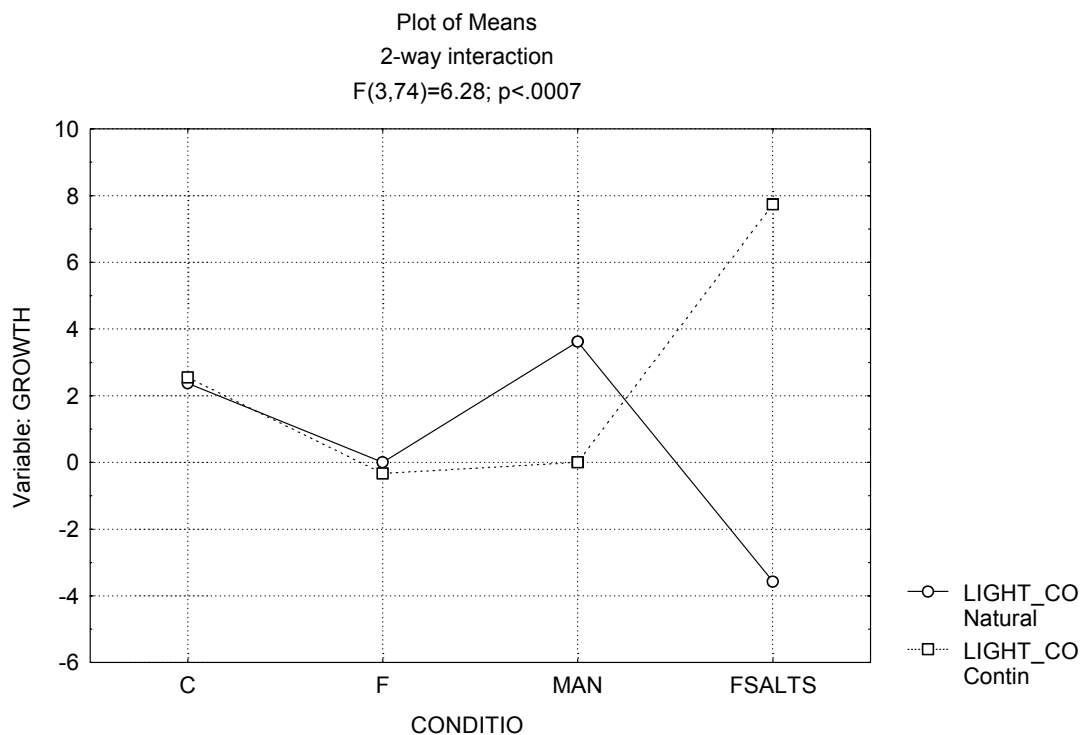
Στα διαγράμματα 3.12, 3.13, 3.14 και 3.15 απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς με δύο παράγοντες.



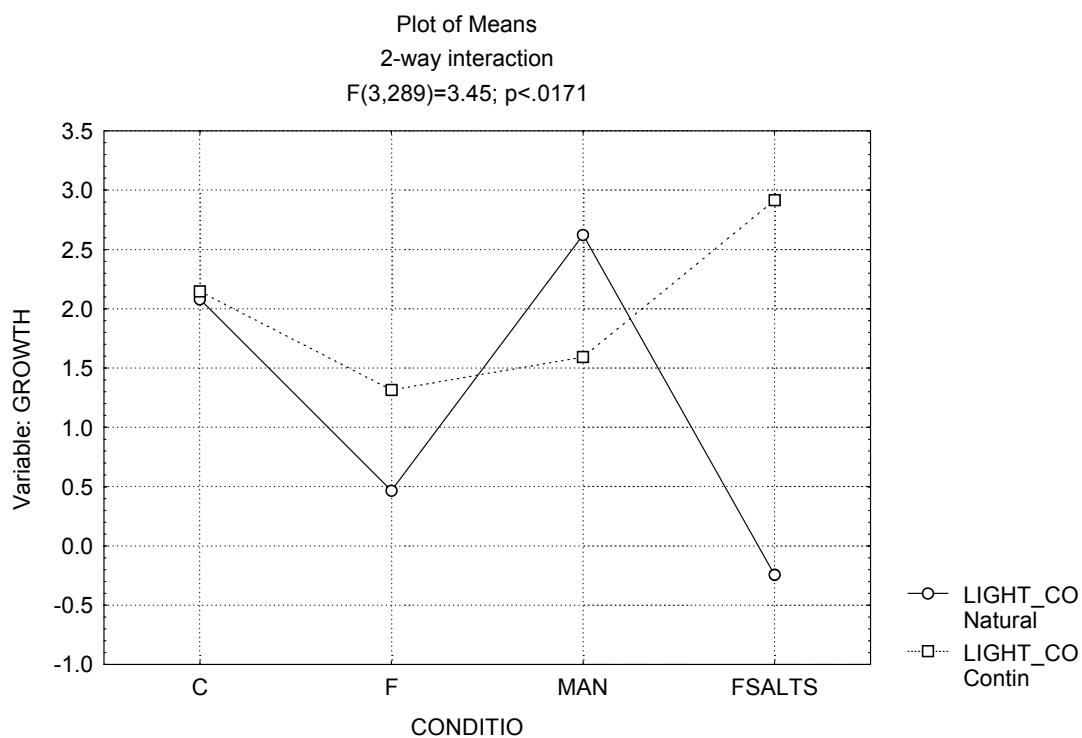
Διάγραμμα 3.12 Αύξηση κορυφαίων τμημάτων σε τριβλία με χρήση 3 διαφορετικών θρεπτικών μέσων (F₂ , MAN, F₂ εμπλουτισμένο με άλατα) μετά από 6 ημέρες.



Διάγραμμα 3.13 Αύξηση κορυφαίων τμημάτων σε τριβλία με χρήση 3 διαφορετικών θρεπτικών μέσων (F₂ , MAN, F₂ εμπλουτισμένο με άλατα) μετά από 13 ημέρες.



Διάγραμμα 3.14 Αύξηση κορυφαίων τμημάτων σε τριβλία με χρήση 3 διαφορετικών θρεπτικών μέσων (F₂, MAN, F₂ εμπλουτισμένο με άλατα) μετά από 20 ημέρες.

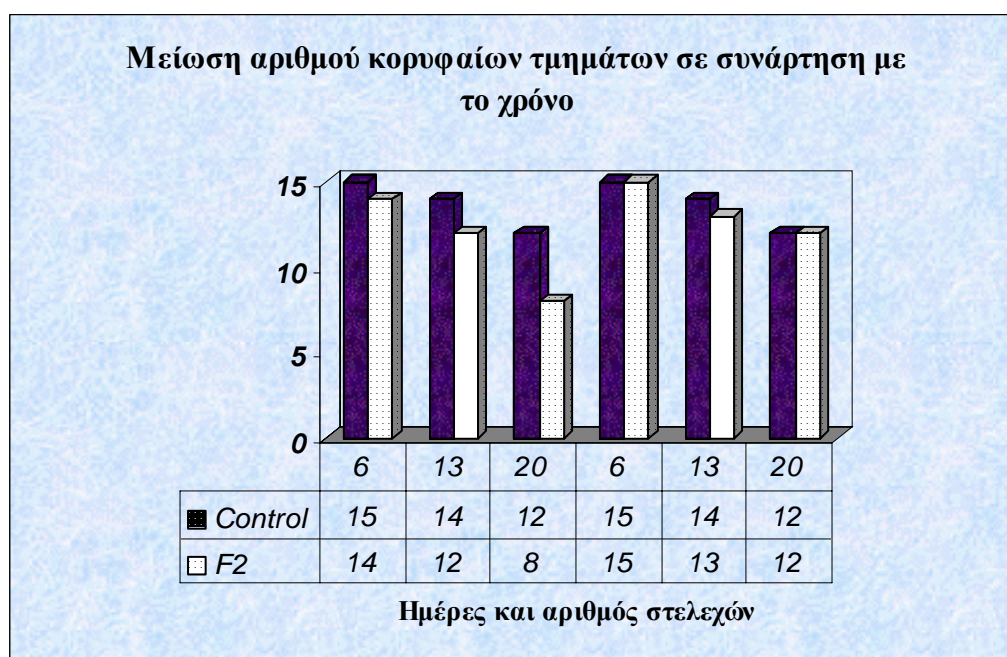


Διάγραμμα 3.15 Συνολική αύξηση κορυφαίων τμημάτων σε τριβλία με χρήση 3 διαφορετικών θρεπτικών μέσων (F₂, MAN, F₂ εμπλουτισμένο με άλατα), για το διάστημα που μελετήθηκε.

3.4.3 Μεταβολή του αριθμού κορυφαίων τμημάτων στα τριβλία με την πάροδο του χρόνου

Σε κάθε τριβλίο τοποθετήθηκαν αρχικά 5 κορυφαία τμήματα του μακροφύκου *Polysiphonia*. Ο αριθμός των κορυφών αυτών με την πάροδο του χρόνου μειώθηκε λόγω του ότι κάποια τμήματα νεκρώθηκαν και αφαιρέθηκαν από το τριβλίο. Στα γραφήματα που ακολουθούν φαίνεται αυτή η μείωση, συγκρίνοντας των αριθμό κορυφαίων τμημάτων κάθε θρεπτικού διαλύματος με αυτόν του μάρτυρα (τριβλία χωρίς θρεπτικό μέσο).

Έτσι, στο διάγραμμα 3.16 συγκρίνεται ο αριθμός των κορυφών των τριβλίων με θρεπτικό διάλυμα F₂ με αυτόν των μαρτύρων. Σε κάθε διάγραμμα τα 3 πρώτα ζεύγη ραβδογραμμάτων αντιστοιχούν στις συνθήκες φυσικού φωτισμού, ενώ τα 3 επόμενα στις συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού. Επίσης, σε κάθε διάγραμμα ο άξονας χ απεικονίζει τον αριθμό ημερών αρχικά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού (6, 13, 20) και ακολούθως σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού (6, 13, 20). Ο άξονας ψ απεικονίζει τον αριθμό των κορυφαίων τμημάτων.

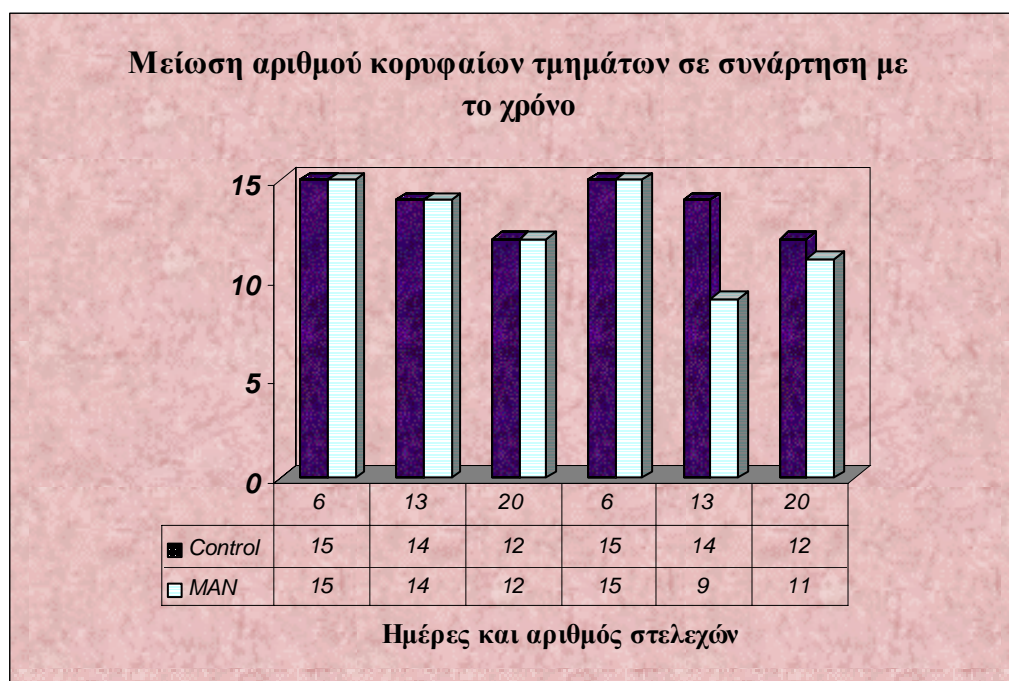


Διάγραμμα 3.16 Μεταβολή του αριθμού κορυφαίων τμημάτων των μαρτύρων και των ευρισκόμενων στο θρεπτικό μέσο F₂, τόσο σε συνθήκες φυσικού (3 πρώτα ζεύγη ραβδογραμμάτων) όσο και συνεχόμενου (3 τελευταία ζεύγη ραβδογραμμάτων) φωτισμού.

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος 3.16 προκύπτει ότι :

- η μείωση του αριθμού κορυφαίων τμημάτων είναι σημαντικότερη για τις κορυφές που βρίσκονται στο θρεπτικό μέσο, ιδιαίτερα σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού.

Στο διάγραμμα 3.17 απεικονίζεται το αποτέλεσμα συγκριτικής μείωσης του αριθμού κορυφαίων τμημάτων που βρίσκονται στο θρεπτικό μέσο MAN και κορυφών των μαρτύρων.

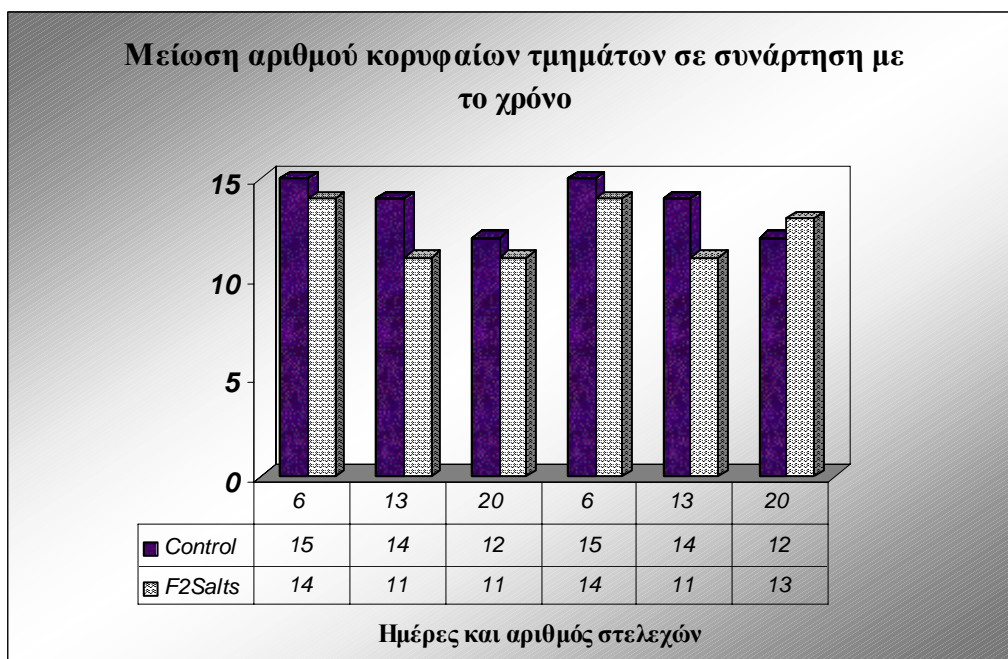


Διάγραμμα 3.17 Μεταβολή του αριθμού κορυφαίων τμημάτων των μαρτύρων και των ευρισκόμενων στο θρεπτικό μέσο MAN , τόσο σε συνθήκες φυσικού (3 πρώτα ζεύγη ραβδογραμμμάτων) όσο και συνεχόμενου (3 τελευταία ζεύγη ραβδογραμμμάτων) φωτισμού.

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος 3.17 προκύπτει ότι :

- η μείωση του αριθμού κορυφαίων τμημάτων είναι ίδια τόσο για τους μάρτυρες όσο και για τις κορυφές στο θρεπτικό MAN σε συνθήκες φυσικού φωτισμού.
- σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού ο αριθμός των κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό MAN μειώνεται σημαντικά στις 13 ημέρες
- η αύξηση του αριθμού των κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό MAN που παρατηρείται από τις 13 στις 20 ημέρες οφείλεται σε σπάσιμο 2 κορυφών σε 4 μικρότερες .

Τέλος, στο διάγραμμα 3.18 συγκρίνεται η μείωση του αριθμού των κορυφαίων τμημάτων που βρίσκονται στο θρεπτικό μέσο F₂ εμπλουτισμένο με άλατα και κορυφών των μαρτύρων.



Διάγραμμα 3.18 Μεταβολή του αριθμού κορυφαίων τμημάτων των μαρτύρων και των ευρισκόμενων στο θρεπτικό μέσο F₂ εμπλουτισμένο με άλατα, τόσο σε συνθήκες φυσικού (3 πρώτα ζεύγη ραβδογραμμμάτων) όσο και συνεχόμενου φωτισμού (3 τελευταία ζεύγη ραβδογραμμμάτων).

Από το διάγραμμα 3.18 προκύπτει ότι :

- η μείωση του αριθμού των κορυφαίων τμημάτων είναι μεγαλύτερη για τις κορυφές στο θρεπτικό μέσο F₂ με άλατα
- η μείωση του αριθμού των κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό μέσο F₂ με άλατα σταθεροποιείται στις 13 και 20 ημέρες σε συνθήκες φυσικού φωτισμού
- σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού στις 20 ημέρες παρατηρείται αύξηση του αριθμού των κορυφαίων τμημάτων στο θρεπτικό F₂ με άλατα, λόγω σπασίματος 2 κορυφών σε 4 μικρότερες.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το εδώδιμο μακροφύκος *Polysiphonia* εντοπίζεται σε μικρό βάθος (0,5-1μ.), σε σκληρό υπόστρωμα και σε περιοχή προστατευμένη, χωρίς έντονο κυματισμό. Είναι άφθονο την άνοιξη, μειώνεται σημαντικά το καλοκαίρι και επανεμφανίζεται το φθινόπωρο.

Τόσο στις 3 θέσεις δειγματοληψίας με πλαίσιο, όσο και στην ευρύτερη περιοχή, αφθονεί το φαιοφύκος *Cystoseira*. Συγκεκριμένα, τα δύο είδη που εντοπίστηκαν (*C. crinita* και *C. spinosa*) είναι ενδημικά της Μεσογείου (το πρώτο εντοπίζεται και στα Κανάρια νησιά). Είναι είδη άφθονα στον ελληνικό χώρο (Λαζαρίδου, 1994, Diaroulis & Haritonidis, 1987, Χαριτωνίδης, 1978) και αναφέρονται συγκεκριμένα στη δυτική Κρήτη (κόλπος Κισσάμου) στα αποτελέσματα του προγράμματος «Χαρτογράφηση τύπων οικοτόπων» του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης (Οδηγία 92/43, Σιακαβάρα, προσωπική επικοινωνία). Στα αποτελέσματα του ίδιου προγράμματος αναφέρονται για τη δυτική Κρήτη και τα είδη *Cystoseira crinitophylla*, *C. compressa* καθώς και το φανερόγαμο *Cymodocea nodosa*. Το γένος *Cystoseira* παρουσιάζει τροπική ως θερμή-εύκρατη εξάπλωση και στα δύο ημισφαίρια, ενώ πιστοποιείται η παρουσία του ήδη στη θάλασσα της Τιθύος. Ο μεγάλος αριθμός ενδημικών ειδών αυτού του γένους στη Μεσόγειο θάλασσα αλλά και αλλού (τα 2/3 περίπου των ειδών είναι ενδημικά) (Χαριτωνίδης, 1996), αποδεικνύει ότι ο ρυθμός ειδογένεσης είναι σημαντικότερος από το ρυθμό εξάπλωσής του (Orfanidis, 1991).

Το είδος *Padina ravnica* που επίσης εντοπίστηκε στις 3 θέσεις δειγματοληψίας με πλαίσιο, είναι άφθονο στις ελληνικές θάλασσες (Λαζαρίδου, 1994, δύο ημισφαίρια, ενώ πιστοποιείται η παρουσία του ήδη στη θάλασσα της Diaroulis & Haritonidis, 1987, Χαριτωνίδης, 1978). Πρόκειται για φαιοφύκος φωτόφιλο, της υποπαράλιας ζώνης που αναπτύσσεται κυρίως σε βιότοπους ήπιου κυματισμού. Το γεγονός ότι βρέθηκε κοντά στην εδώδιμη *Polysiphonia*, θα μπορούσε ενδεχομένως, να αποτελέσει βοηθητικό στοιχείο εντοπισμού της σε άλλες θέσεις.

Το γένος *Fosliella* παρουσιάζει σχετικά πλατιά γεωγραφική εξάπλωση και είναι κυρίως επιφυτικό. Βρέθηκε ανάμεσα στο θαλλό των άλλων ειδών ή ακόμα και ανάμεσα στο δίσκο προσκόλλησής τους, κάτι όμως που μπορεί απλά να οφείλεται στον τρόπο λήψης του δείγματος.

Η ανάπτυξη και αύξηση των μακροφυκών στη φύση επιτυγχάνεται χάρη στην ποικιλία και αλληλεξάρτηση των περιβαλλοντικών παραγόντων, τόσο των βιοτικών όσο και των αβιοτικών (Ορφανίδης, 1990). Η δυσκολία καλλιέργειας των μακροφυκών στο εργαστήριο, έγκειται ακριβώς στη δυσκολία όσον αφορά τη σαφή αξιολόγηση των παραγόντων αυτών, καθώς και του βαθμού που ο καθένας τους επηρεάζει τις διεργασίες ανάπτυξης.

Τα θρεπτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στις εργαστηριακές καλλιέργειες, παρέχουν στα μακροφύκη τα βασικά εκείνα στοιχεία που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του μεταβολισμού τους. Έλλειψη

αυτών των στοιχείων καθιστά αδύνατη την ανάπτυξη των μακροφυκών, ή την ολοκλήρωση του αναπαραγωγικού τους κύκλου. Επίσης, τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται δεν μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα και η επίδραση που ασκούν στα μακρόφυτα είναι άμεση. Θεωρείται ότι έλλειψη των στοιχείων αζώτου (N), φωσφόρου (P), σιδήρου (Fe), χαλκού (Cu), ψευδαργύρου (Zn), μαγγανίου (Mn) και φυσικά του άνθρακα (C), περιορίζει σημαντικά την αύξηση των μακροφυκών (Lobban & Harrison, 1994). Παρ' όλα αυτά, κάθε είδος παρουσιάζει τις ιδιαιτερότητές του και ενδέχεται να εμφανίζει σημαντικές απαιτήσεις σε κάποιο επιπλέον στοιχείο, ενώ αντίθετα να παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία σε κάποιο άλλο.

Τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν στις προσπάθειες καλλιέργειας σε τριβλία, περιείχαν κατά βάση τα κύρια στοιχεία που απαιτούνται για την αύξηση των μακροφυκών, αλλά σε διαφορετικές ποσότητες. Επίσης, παρατηρούνται οι εξής διαφορές :

1. Το θρεπτικό μέσο F₂ είναι το μόνο που περιέχει αμμώνιο (NH₄Cl).
2. Το θρεπτικό μέσο MAN περιέχει τα στοιχεία σίδηρο (Fe) και (Zn) σε διαφορετική μορφή άλατος από τα άλλα δύο θρεπτικά μέσα (F₂ και F₂ εμπλουτισμένο με άλατα).

Με βάση τα συνοπτικά αποτελέσματα που πήραμε, το θρεπτικό MAN δείχνει να παρέχει την καλύτερη αύξηση σε φυσικό φωτισμό. Αυτό επιβεβαιώνει την ανάγκη του γένους *Polysiphonia* για όλα τα βασικά στοιχεία. Από την άλλη πλευρά, το θρεπτικό μέσο F₂, το οποίο περιέχει επιπλέον αμμώνιο (NH₄Cl), παρουσιάζει τη χαμηλότερη αύξηση ανεξάρτητα από τις συνθήκες της φωτοπεριόδου. Στο συνεχόμενο φωτισμό, το θρεπτικό F₂ που είναι εμπλουτισμένο με άλατα, δείχνει μια καλή σχετικά αύξηση, κάτι που δε συμβαίνει στο φυσικό φωτισμό. Ενδεχομένως, ο συνεχής φωτισμός σε συνδυασμό με κάποιο άλλο παράγοντα να αποτελεί το έναυσμα για την αύξηση της *Polysiphonia* με το συγκεκριμένο θρεπτικό το οποίο παρέχει επίσης αμμώνιο.

Ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn), ο χαλκός (Cu) και ο ψευδάργυρος (Zn) χρειάζονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, αλλά παίζουν σημαντικό ρόλο ως συμπαραγόντες ενζύμων. Ο χαλκός μάλιστα αποτελεί επιπλέον, συστατικό της πλαστοκυανίνης που είναι φωτοσυνθετικό μόριο της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων (Lobban & Harrison, 1994). Σήμερα, είναι πια γνωστό ότι η ενεργότητα των μεταλλικών ιόντων καθορίζει τη διαθεσιμότητα ή την τοξικότητά τους, κυρίως του χαλκού, ψευδάργυρου και μαγγανίου.

Οι βιταμίνες θειαμίνη και βιοτίνη είναι επίσης συμπαραγόντες ενζύμων που συμμετέχουν σε σημαντικές αντιδράσεις, ενώ η έλλειψη της κυανοκοβαλαμίνης μπορεί να αναστείλει την αύξηση των μακροφυκών, διότι απαιτείται σε πολύ μικρές ποσότητες αλλά συνήθως απουσιάζει από το θαλασσινό νερό.

Είναι σημαντικό το γεγονός ότι στη φύση, η συγκέντρωση των θρεπτικών δεν παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους, αλλά μεταβάλλεται εποχικά λόγω των ανθρώπινων παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων ή λόγω της εποχικότητας και των κύκλων αναπαραγωγής των άλλων οργανισμών. Αυτό συνδέεται και με το

γεγονός ότι το φως μεταβάλλεται εποχικά, με αποτέλεσμα η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των μακροφυκών και άρα οι απαιτήσεις τους σε θρεπτικά, να διαφέρουν ακολουθώντας το εποχικό πρότυπο. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι στο ροδοφύκος *Falkenbergia rufolanosa* η έλλειψη αζώτου και φωσφόρου –που σε φυσιολογικές συνθήκες είναι διαθέσιμα- επάγει την παραγωγή σπορίων και άρα την ολοκλήρωση του αναπαραγωγικού κύκλου (Oza, 1977).

Γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι η εκτίμηση των διακυμάνσεων αυτών στο πεδίο, είναι ιδιαίτερα δύσκολη και ενδεχομένως δεν ακολουθεί ένα σταθερό ετήσιο πρότυπο, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και ο συγκεκριμένος οικότοπος του υπό μελέτη είδους (Yoneshigue-Braga & Baeta-Neves, 1981). Στο εργαστήριο, οι συνθήκες μπορούν να σταθεροποιηθούν και να ελεγχθούν, ώστε η παροχή θρεπτικών να ακολουθεί ένα σταθερό πρότυπο. Αυτό ενδέχεται να οδηγήσει σε υπερβολική συγκέντρωση κάποιου στοιχείου στους ιστούς, με αποτέλεσμα αυτό να μετατραπεί από αναγκαίο σε τοξικό (Lobban & Harrison, 1994). Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις κατά τις οποίες στις εργαστηριακές καλλιέργειες ακολουθήθηκε σταθερό πρότυπο παροχής θρεπτικών, σε αντίθεση με το φυσικό περιβάλλον, και ο ρυθμός αύξησης των μακροφυκών παρουσίασε εποχικές διακυμάνσεις όπως και στο πεδίο (Makarogon et al., 1999). Σ' αυτήν την περίπτωση φαίνεται πως τον καθοριστικό ρόλο για το ρυθμό αύξησης, παίζει κάποιος άλλος παράγοντας ή συνδυασμός παραγόντων, όχι όμως η διαθεσιμότητα των θρεπτικών.

Κάθε είδος εμφανίζει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε θρεπτικά, οι οποίες αναδεικνύονται έπειτα από συστηματικό πειραματισμό στο εργαστήριο, και μακρόχρονη παρατήρηση στο πεδίο. Βρέθηκε για παράδειγμα ότι το Ιώδιο (I) σε μικρή συγκέντρωση αποτελεί διεγερτικό παράγοντα της αύξησης του γένους *Scytosiphon* ενώ είναι επιβλαβές για την επιβίωση σπορίων του πολύ συγγενικού γένους *Colpomenia* (Vandermeulen, 1986). Πιθανόν, το ροδοφύκος *Polysiphonia* να παρουσιάζει τέτοιες ιδιαιτερότητες. Προκειμένου να ελεγχθεί κατά πόσο έλλειψή κάποιου στοιχείου επιδρά στην αύξηση του μακροφύκου, θα πρέπει να γίνουν εκτενέστεροι πειραματισμοί στο εργαστήριο και αναλύσεις της σύστασης του θαλασσινού νερού από το πεδίο. Εξάλλου, εκτός από τα γνωστά στοιχεία που θεωρούνται βασικά για την αύξηση των μακροφυκών, φαίνεται πως κάποια άλλα προσλαμβάνονται από το θαλλό ενώ ο ρόλος τους είναι άγνωστος. Τέτοια περίπτωση αποτελεί το πυρίτιο (Si) που εφόσον είναι παρών, προσλαμβάνεται από τα μακροφύκη (Fu et al., 2000).

Αναμφίβολα, τα θρεπτικά κατέχουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην αύξηση των μακροφυκών, αλλά αν δε συνδυαστούν με τους υπόλοιπους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, δεν μπορούν να δώσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για το ρόλο που παίζουν. Εξάλλου, σε ένα φυσικό οικοσύστημα οι παράγοντες που το διαμορφώνουν βρίσκονται σε συνεχή αλληλεξάρτηση. Έτσι, για παράδειγμα, η θερμοκρασία και η αλατότητα επηρεάζουν την πυκνότητα του θαλασσινού νερού και άρα την ανάμειξη των πλούσιων σε θρεπτικά άλατα στρωμάτων νερού του πυθμένα με τα φτωχά -σε θρεπτικά άλατα- επιφανειακά στρώματα

(Ορφανίδης, 1990). Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι το ρόλο των θρεπτικών θα πρέπει να τον εξετάσουμε σε συνδυασμό με τους άλλους παράγοντες και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα ανάλογα με τις συνθήκες φωτοπεριόδου που επικρατούσαν.

Το φως επηρεάζει την πρόσληψη των θρεπτικών, μέσω της φωτοσύνθεσης η οποία παρέχει ενέργεια (ATP) για τη μεταφορά των ιόντων και εντείνει το ρυθμό αύξησης επομένως και την ανάγκη για θρεπτικά (Lobban & Harrison, 1994). Όταν ένα φυτό εκτίθεται σε σταδιακά αυξανόμενες ποσότητες φωτός, οι ρυθμοί της αύξησής του και της φωτοσύνθεσης, αυξάνονται μέχρι να υπάρξει κορεσμός στο φως. Γενικά, το επίπεδο φωτοκορεσμού της αύξησης είναι σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο της φωτοσύνθεσης (Lüning, 1981). Αυτό μπορεί να συνδέεται με την περιορισμένη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ή και την αναστολή ορισμένων μη-φωτοσυνθετικών ενζυμικών αντιδράσεων. Επίσης, σε χαμηλές εντάσεις φωτός, η φωτοσύνθεση είναι σχεδόν ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία, ενώ ισχύει το αντίθετο σε περίπτωση υψηλής έντασης φωτός (Mann, 1973).

Η αύξηση των κορυφαίων τμημάτων της *Polysiphonia* σε τριβλία και σε συνεχόμενο φωτισμό συνολικά δείχνει να επιτυγχάνεται μόνο με το θρεπτικό F₂ που είναι εμπλουτισμένο με άλατα. Το συγκεκριμένο εδώδιμο μακροφύκος βρίσκεται σε μικρό βάθος (0,5-1 μ) και άρα περιμένουμε να έχει υψηλό επίπεδο φωτοκορεσμού. Επομένως, θα αναμέναμε μια ικανοποιητική αύξηση και με το θρεπτικό MAN, που δείχνει να πλεονεκτεί σε συνθήκες φυσικής φωτοπεριόδου. Αυτό δε συμβαίνει, είτε γιατί το θρεπτικό εξαντλείται γρηγορότερα από το διάστημα στο οποίο αντικαθιστάται με νέο, είτε γιατί κάποιο από τα βασικά, κατά τα άλλα, στοιχεία σε συνθήκες συνεχόμενου φωτισμού γίνεται βλαβερό. Αυτό που αποτελεί έκπληξη, είναι ότι το θρεπτικό F₂ που είναι εμπλουτισμένο με άλατα, σε συνθήκες φυσικής φωτοπεριόδου παρουσιάζει μικρότερη αύξηση από ότι οι μάρτυρες. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι η συγκεκριμένη φωτοπερίοδος (10 ώρες φως/ 14 σκοτάδι)) ή ακόμα και η ένταση του φωτός δεν αρκούν ώστε τα κορυφαία τμήματα να προσλάβουν τα θρεπτικά με τη μορφή που τους παρέχονται. Ενδέχεται επίσης, η έλλειψη κάποιου άλλου παράγοντα να είναι αποφασιστική και να αναστέλλει ουσιαστικά την αύξηση.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αύξησης των κορυφαίων τμημάτων *Polysiphonia* στα τριβλία, κατά τη 13η μέρα και με βάση την αρχική υπόθεση που κάναμε κατά τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ($p=0,05$), δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αντίθετα, τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αύξησης κατά την 20η μέρα, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Οι αρνητικές τιμές αύξησης που σημειώνονται σε αυτές τις μετρήσεις, δηλώνουν μηδενική αύξηση και επιπλέον συρρίκνωση του κορυφαίου τμήματος λόγω νέκρωσης.

Το φως καθορίζει την κατακόρυφη κατανομή των ειδών στη στήλη του νερού, ενώ η θερμοκρασία μόνη της ή σε συνδυασμό με τις φωτοπεριόδους απαιτήσεις των ειδών για αναπαραγωγή, ορίζουν τη γεωγραφική κατανομή ενός είδους (Orfanidis et al., 1999). Γενικά, ο ρόλος της φωτοπεριόδου είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την αύξηση

των μακροφυκών και έρευνα στο πεδίο έχει δείξει ότι ο μέγιστος ρυθμός αύξησης παρατηρείται την πρώιμη άνοιξη, όταν η φωτοπερίοδος και η ακτινοβολία αυξάνουν γρήγορα, ενώ η θερμοκρασία μπορεί να παραμένει χαμηλή (Makarov et al., 1999, Diaroulis & Haritonidis, 1987). Πειραματικές καλλιέργειες ροδοφυκών στο εργαστήριο, έδειξαν ότι η απελευθέρωση καρποσπορίων γίνεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα, όταν οι μέρες είναι μεγάλες, άρα και η φωτοπερίοδος, και η θερμοκρασία ευνοϊκή (Orfanidis et al., 1999). Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι σποριογένεση επάγεται στα ροδοφύκη και λόγω υψηλής θερμοκρασίας του αέρα, ακόμα και αν η θερμοκρασία του νερού είναι χαμηλότερη από αυτήν που απαιτείται για την αναπαραγωγή (Orfanidis et al., 1996). Φαίνεται λοιπόν, ότι το πρότυπο αύξησης και αναπαραγωγής των μακροφυκών συνδέεται με μια ενδογενή ρύθμιση, η οποία επιτρέπει στα άτομα να αντιμετωπίζουν τις δύσκολες συνθήκες του χειμώνα και να ανταποκρίνονται άμεσα στις βελτιούμενες συνθήκες φωτός και συχνά και θερμοκρασίας, την άνοιξη.

Η παραπάνω ρύθμιση δείχνει να ισχύει και για το εδώδιμο μακροφύκος *Polysiphonia*, το οποίο αφθονεί την άνοιξη περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη εποχή του χρόνου.

Διαφορετικές ρυθμίσεις μπορούν να ισχύουν για την αύξηση μακροφυκών σε ακραία περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα των πολικών ειδών, που δικαιολογημένα δείχνουν υψηλό ρυθμό αύξησης σε εργαστηριακές καλλιέργειες κάτω από συνεχόμενο φωτισμό (Makarov et al., 1999). Αυτό δε θα ήταν φυσιολογικό σε ένα Μεσογειακό είδος και μάλιστα μικρού βάρους, το οποίο αναμένεται να έχει επιλεγθεί κατά τρόπο ώστε να εκμεταλλεύεται τη φυσική φωτοπερίοδο και μάλλον να μην ανταποκρίνεται σε συνεχόμενο φωτισμό.

Εργαστηριακές καλλιέργειες που έγιναν στο Μεσογειακό είδος *Polysiphonia setacea* έδειξαν, βάση της στατιστικής επεξεργασίας (2-way ANOVA) ισχυρή αλληλεξάρτηση ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη φωτοπερίοδο, αλλά και ανάμεσα στη θερμοκρασία και την ένταση της ακτινοβολίας (Rindi et al., 1999). Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο είδος, καταλαμβάνει κυρίως βαθιά υποπαραλιακά ενδιαιτήματα, με αποτέλεσμα να δέχεται λιγότερο φως κατά τη διάρκεια του έτους από τα είδη των ρηχών νερών. Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, δοκιμάστηκαν εντάσεις φωτός $2-50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ και παρατηρήθηκε αύξηση από τη χαμηλότερη ένταση. Στην παρούσα εργασία, τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε ικανοποιητικές συνθήκες φωτισμού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν είδη σκιάφιλα και είδη φωτόφιλα. Στα πρώτα, μπορούν να εφαρμοστούν πολύ χαμηλές εντάσεις φωτός στο εργαστήριο, οι οποίες όμως οδηγούν σε αναστρέψιμη αλλοίωση των χρωστικών, εφόσον τα στελέχη μεταφερθούν στη συνέχεια σε υψηλότερη ένταση φωτός (Orfanidis, 1992).

Στα πειράματα αύξησης που πραγματοποιήθηκαν στα τριβλία, ελέγχθηκε και ο αριθμός κορυφαίων τμημάτων κατά τη διάρκεια των πειραματισμών. Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως ο συνεχόμενος φωτισμός αποτελεί παράγοντα πίεσης, με συνέπεια σημαντικότερη μείωση του αριθμού κορυφών, τα οποία σε αυτές τις συνθήκες φαίνεται

να είναι πιο ευαίσθητα. Τα κορυφαία τμήματα που βρίσκονται σε τριβλία με το θρεπτικό MAN, το οποίο παρέχει όλα τα βασικά τουλάχιστον στοιχεία, παρουσιάζουν την καλύτερη εικόνα, σε συνθήκες φυσικού φωτισμού. Αντίθετα, όπως φάνηκε και στα αποτελέσματα της αύξησης του μακροφύκους, σε συνεχόμενο φωτισμό και στο συγκεκριμένο θρεπτικό διάλυμα, η *Polysiphonia* φαίνεται να πιέζεται σημαντικά, είτε γιατί κάποια στοιχεία σε αυτές τις συνθήκες γίνονται τοξικά, είτε γιατί συνδυάζεται αρνητικά η φωτοπερίοδος με άλλους παράγοντες.

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μέτρησης της αύξησης που πραγματοποιήσαμε, ήταν σταθερή. Ωστόσο, είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αύξηση των μακροφυκών, αφού μπορεί να επιταχύνει, να επιβραδύνει ή ακόμα και να αναστείλει την αύξηση (Vandermeulen, 1986). Εξάλλου, η θερμοκρασία μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας και φαίνεται ότι ο ρυθμός πρόσληψης των θρεπτικών προσαρμόζεται σ' αυτές (Lobban & Harrison, 1994). Η *Polysiphonia* είναι άφθονη την άνοιξη, ενώ δείχνει να «εξαφανίζεται» το καλοκαίρι. Δύο μπορεί να είναι οι πιθανές αιτίες που συμβαίνει αυτό : είτε εξακολουθεί να υπάρχει με μία άλλη μορφή (σπορίων για παράδειγμα), είτε η «εξαφάνιση» αυτή συνδέεται με την υψηλή θερμοκρασία του καλοκαιριού. Οι δύο αυτές αιτίες μπορεί να συνδυάζονται μεταξύ τους και απλά η *Polysiphonia* να περνά τη δυσμενή περίοδο του καλοκαιριού με κάποια άλλη μορφή. Η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να αναστείλει την αύξηση των μακροφυκών (Vandermeulen, 1986), και η ανατολική Μεσόγειος χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, στις οποίες μπορεί να οφείλεται η απουσία πολλών ειδών την περίοδο αυτή (Orfanidis, 1993). Η εργαστηριακή καλλιέργεια του Μεσογειακού είδους *Polysiphonia setacea* έδειξε ότι σε θερμοκρασία 28°C τα φυτά τραυματίζονται μη αντιστρέψιμα, ενώ αντίθετα σε θερμοκρασία 5°C δεν παρατηρείται καθόλου αύξηση (Rindi et al., 1999).

Εκτός από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν και οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων μας, υπάρχουν και κάποιοι άλλοι λιγότερο σημαντικοί ίσως, οι οποίοι όμως έχουν τη δική τους θέση. Η λήψη θρεπτικών επηρεάζεται από την ηλικία και το στάδιο ζωής του ατόμου ή ακόμα και το μέγεθος (Lobban & Harrison, 1994, Orfanidis, 1992). Το δείγμα που πήραμε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ήταν της ίδιας ηλικίας και στο ίδιο στάδιο, αφού λήφθηκε το φθινόπωρο και ήταν ουσιαστικά τα άτομα που επανεμφανίζονται μετά την απουσία του καλοκαιριού. Επίσης, σε ένα δυναμικό σύστημα σημαντικό ρόλο έχουν οι θηρευτές και ο ανταγωνισμός. Η πυκνότητα του πληθυσμού έχει σημασία, για τη βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας (Braun & Delerine, 1981). Στο εργαστήριο εξασφαλίζεται η παροχή των πόρων (θρεπτικά, πυκνότητα), ώστε να μην αναπτύσσεται ενδοειδικός ανταγωνισμός. Τα επίφυτα όμως φαίνεται να καταλαμβάνουν μια σημαντική θέση και αυτό παρατηρήθηκε κυρίως στο ενυδρείο, όπου αυτά αυξήθηκαν υπέρμετρα μαζί με κάποια άλλα είδη. Είναι πιθανό, σε μερικές

περιπτώσεις, τα φύκη να χρειάζονται ορισμένα επίφυτα για την κανονική ανάπτυξή τους ή και για την προστασία τους (π.χ. από το πολύ φως) (Χαριτωνίδης, 1996 και 1978). Στο φυσικό περιβάλλον υπάρχει κάποια ρύθμιση, η οποία ελέγχει τον πληθυσμό του επίφυτου, μέσω κάποιου θηρευτή για παράδειγμα, κάτι που δεν υπάρχει στο περιβάλλον του εργαστηρίου, με αποτέλεσμα τα επίφυτα να αυξάνονται υπέρμετρα.

Τέλος, ο φυσικός κυματισμός του νερού μέσω της συνεχούς κίνησης των θαλλών, παρέχει τη μέγιστη έκθεση στον ήλιο και τα θρεπτικά (Mann, 1973). Ο τεχνητός αερισμός που χρησιμοποιήθηκε στο ενυδρείο, μπορεί μόνο σε περιορισμένο βαθμό να αντικαταστήσει το φυσικό κυματισμό. Καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε να είναι ο βέλτιστος, όχι πολύ δυνατός, ούτε πολύ μικρός, αλλά το γεγονός ότι τα άτομα δεν μπόρεσαν να προσκολληθούν επιτυχώς στην πλαστική σχάρα που χρησιμοποιήθηκε, δε βοήθησαν σε μια αποτελεσματική δράση του αερισμού.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι στην παρούσα μελέτη έγινε μια προσπάθεια καλλιέργειας του εδώδιμου ροδοφύκου *Polysiphonia* στο εργαστήριο και πήραμε κάποια προκαταρκτικά αποτελέσματα. Προκειμένου να σχηματιστεί μια πλήρης εικόνα των αναγκών του φύκου αυτού, θα πρέπει κατ' αρχήν να προσδιοριστεί σε επίπεδο είδους και να μελετηθεί διεξοδικά ο αναπαραγωγικός του κύκλος, προκειμένου να οριστεί το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να αναπαραχθεί. Τέλος, θα πρέπει να γίνουν μια σειρά πειραμάτων που θα συνδυάζουν τους διαφορετικούς παράγοντες που συμμετέχουν στην αύξηση, έτσι ώστε να καθοριστούν οι ιδανικές συνθήκες αύξησης του είδους. Είναι φανερό πως πρόκειται για μια δουλειά επίπονη και μακρόχρονη, αφού το φυσικό περιβάλλον είναι ένα δυναμικό σύστημα του οποίου η κατανόηση ενδέχεται να είναι σύνθετη. Όταν, όμως, επιτευχθούν τα παραπάνω, το γευστικότατο και υγιεινό αυτό έδεσμα, θα είναι προσιτό και επιθυμητό σε ένα ευρύτερο κοινό και θα αποκτήσει ασφαλώς πολύ περισσότερους καταναλωτές από ό,τι σήμερα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Το εδώδιμο μακροφύκος *Polysiphonia* sp. αναπτύσσεται σε μικρό βάθος, σκληρό υπόστρωμα και σε προστατευμένη περιοχή με ήπιο κυματισμό.
2. Το ροδοφύκος *Polysiphonia* sp. μπορεί να επιβιώσει σε ενυδρείο και υπό ελεγχόμενες συνθήκες, για ορισμένο χρόνο, ενώ σε αυτό το διάστημα αναπτύσσονται σημαντικά τα επίφυτα, πιθανόν λόγω έλλειψης θηρευτή.
3. Το θρεπτικό διάλυμα MAN δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα αύξησης σε συνθήκες φυσικής φωτοπεριόδου (10/14 ώρες φως/σκοτάδι), σε σχέση με τα θρεπτικά F₂ και F₂ με άλατα.
4. Ο συνεχόμενος φωτισμός, φαίνεται να ασκεί πίεση αναστέλλοντας την αύξηση του ροδοφύκου *Polysiphonia* sp. σε όλα τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν.

6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα μακροφύκη είναι ένας σημαντικότερος φυσικός πόρος με πολλές εφαρμογές και χρήσεις. Οι ελληνικές θάλασσες διαθέτουν αρκετά από τα είδη (*Gelidium* spp., *Gracilaria* spp., *Porphyra* spp., *Enteromorpha* spp., *Codium* spp.) (Λαζαρίδου, 1994, Diaroulis & Haritonidis, 1987, Χαριτωνίδης, 1978) που χρησιμοποιούνται ευρύτατα και καλλιεργούνται στις χώρες της ανατολής. Η συστηματική μελέτη της θαλάσσιας χλωρίδας ασφαλώς θα φέρει στο φως πολλά ενδημικά είδη, αλλά και είδη με ποικίλες χρήσεις.

Το συγκεκριμένο ροδοφύκος που αποτέλεσε αντικείμενο αυτής της μελέτης, ενδεχομένως είναι διαδεδομένο σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Η διατροφική και δυνητικά σημαντική οικονομική αξία του φύκου αυτού, το καθιστούν ιδιαίτερα ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνηση των δυνατοτήτων καλλιέργειάς του.

Τα μακροφύκη είναι ένας πλήρως ανεκμετάλλευτος φυσικός πόρος για τη χώρα μας, που μπορεί ωστόσο να δώσει πρωτότυπες ιδέες και αποτελέσματα αξιοποιήσιμα από διάφορες βιομηχανίες ζωτικής σημασίας (τροφίμων, ζωοτροφών, καλλυντικών, φαρμάκων).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα εδώδιμα μακροφύκη αποτελούν σημαντική πηγή πρωτεϊνών, περιέχοντας ταυτόχρονα πολύ χαμηλά ποσοστά λιπιδίων. Η σύσταση αυτή τα καθιστά σημαντική τροφή ιδιαίτερα στη δυτική διατροφή όπου η περιεκτικότητα των τροφών σε φυτικές ίνες είναι πολύ χαμηλή και ταυτόχρονα εκείνη σε λιπαρά επικίνδυνα αυξημένη.

Στην Κρήτη καταναλώνεται κατά παράδοση από τον τοπικό πληθυσμό το μακροφύκος γένους *Polysiphonia* sp., ως «σαλάτα του γιαλού». Το είδος αυτό εντοπίζεται σε μικρό βάθος (0,5-1 μέτρο) και σε σκληρό υπόστρωμα. Στην ευρύτερη περιοχή που αναπτύσσεται το είδος αυτό, βρέθηκαν τα γένη *Cystoseira*, *Gigartina*, *Fosliella*, *Ectocarpus* και *Padina*. Ο προσανατολισμός του κόλπου στον οποίο ευδοκimeί το είδος είναι δυτικός, σχετικά προστατευμένος και δέχεται εισροή γλυκών υδάτων εποχιακά από 3 μικρούς χείμαρρους που καταλήγουν σ' αυτόν. Το συγκεκριμένο εδώδιμο είδος *Polysiphonia* sp. αφθονεί κυρίως την άνοιξη, μειώνεται σημαντικά το καλοκαίρι και επανεμφανίζεται πάλι το φθινόπωρο.

Δείγμα που λήφθηκε από το πεδίο διατηρήθηκε σε συνθήκες εργαστηρίου και μέσα σε ενυδρείο για 11 ημέρες σε αλατότητα 34‰, θερμοκρασία 19°C και φωτοπερίοδο 10/14 φως/σκοτάδι. Επίσης σε «άγριο» δείγμα μελετήθηκε η επίδραση 3 διαφορετικών θρεπτικών μέσων (F₂, MAN, F₂ με άλατα), καθώς και 2 διαφορετικών φωτοπεριόδων (φυσική και συνεχόμενη) σε πειραματική καλλιέργεια του είδους στο εργαστήριο. Το θρεπτικό διάλυμα MAN έδωσε καλύτερα αποτελέσματα αύξησης, ενώ ο συνεχόμενος φωτισμός φαίνεται να δρα σαν παράγοντας πίεσης στην αύξηση του είδους.

Η διατροφική και δυνητικά σημαντική οικονομική αξία του είδους το καθιστά ιδιαίτερα ενδιαφέρον για εκτενέστερη μελέτη των δυνατοτήτων καλλιέργειας του.

CULTIVATION OF EDIBLE MACROALGA (*Polysiphonia* sp.). PRELIMINARIES RESULTS.

Edible macro algae constitute an important source of proteins, vitamins, trace elements and fibers, containing very low percentage of lipids. This constitution makes them a necessary additive particularly of western nutrition, which is characterized by high percentages of fat and carbohydrates. The population of certain regions in Crete consumes traditionally a macro alga, genus *Polysiphonia* a species growing in shallow waters (0,5-1m) and in hard substratum. This species was found near the genera *Cystoseira*, *Gigartina*, *Fosliella*, *Ectocarpus* and *Padina*. The bay where *Polysiphonia* thrives is a western, protected area, where 3 small streams spill seasonally. The particular species of macro alga thrives mainly during the spring, presents an important reduction of biomass during the summer and grows again in autumn.

A sample taken from the field was maintained for 11 days in an aquarium and in laboratory conditions (temperature 19°C, salinity 34‰ and light conditions 10/14, L/D). In addition, a controlled cultivation of this macro alga was tried, using 3 different nutrients (F₂, MAN, F₂ enriched with salts), under 2 different light conditions (natural photoperiod and continuous light). The nutrient MAN gave the best results of growth, whereas the continuous light is a factor of stress for the growth of the *Polysiphonia* sp.

The nutritional and potentially important economic value of this species underlies a thorough study of the possibilities of its cultivation. Besides, macro algae in general constitute an unexplored natural reserve to our country, which can lead to original ideas and results used by different industries (food, animal food, cosmetics, medicaments).

7. Παράρτημα

1. Πίνακες μηνιαίων βροχοπτώσεων, θερμοκρασίας αέρος και παροχής πηγής Αγ. Παρασκευής.

2. Πίνακες μέσου όρου αύξησης κορυφαίων τμημάτων στα τριβλία

CONTROL					
Nat.	Age (days)	Average (mm)	tdev	Stder	n
	6	2,024	1,5551938	0,401	15
	13	1,8898992	2,9394582	0,7856188	14
	20	0,7041501	1,2146377	0,3507506	12
Cont.	6	2,7859812	2,1629774	0,5584818	15
	13	1,117	2,517	0,6728148	14
	20	0,8805975	1,2478183	0,3602771	12

Πίνακας 2.1 Μετρήσεις στα κορυφαία τμήματα *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν στα τριβλία χωρίς προσθήκη θρεπτικού μέσου (μάρτυρες).

MAN					
Nat.	Age (days)	Aver age (mm)	Stdev	Stder	n
	6	3,8397831	3,0554454	0,7887942	15
	13	0,4618065	1,3599716	0,363442	14
	20	1,789635	1,9142556	0,5525404	12
Cont.	6	2,8849642	3,3208419	0,8572166	15
	13	0,7801027	1,8604016	0,62	9
	20	0,5881345	1,0194139	0,3072053	11

Πίνακας 2.2 Μετρήσεις στα κορυφαία τμήματα *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν σε τριβλία με προσθήκη του θρεπτικού μέσου MAN.

F2					
Nat.	Age (days)	Average (mm)	Stdev	Stder	n
	6	1,0951559	1,6752994	0,4476216	14

	13	0,6051605	1,5638638	0,4512125	12
	20	0	0	0	8
Cont.	6	2,9809059	2,9077993	0,7508391	15
	13	0,9104516	2,4959285	0,6921797	13
	20	0,1547178	0,8178429	0,2358545	12

Πίνακας 2.3 Μετρήσεις στα κορυφαία τμήματα *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν σε τριβλία με προσθήκη του θρεπτικού μέσου F2 .

F2+SALT S					
Nat.	Age(days)	Average (mm)	Stdev	Stder	n
	6	2,1035929	2,1911335	0,5855158	14
	13	0,0974897	0,3233367	0,0973771	11
	20	-0,2982744	0,6718319	0,2022912	11
Cont.	6	1,7997139	2,3299856	0,6226617	14
	13	0,8298377	1,4842757	0,4473922	11
	20	0,6050768	0,919076	0,254853	13

Πίνακας 2.4 Μετρήσεις στα κορυφαία τμήματα *Polysiphonia* sp. που τοποθετήθηκαν σε τριβλία με προσθήκη του θρεπτικού μέσου F2 εμπλουτισμένου με άλατα .

3. Διατροφική ανάλυση εδώδιμων μακροφυκών 3.1 *Porphyra umbilicalis* (ροδοφύκος)

Πρωτεΐνες	15-37%
Λιπαρά	0,12-2,48%
Υδρογονάνθρακες	50-76%
Βιταμίνη C	130-1100 ppm
β-καροτένιο	266-384 ppm
Βιταμίνη B ₁	3-6 ppm
Βιταμίνη B ₂	10-29 ppm
Βιταμίνη B ₃	50-98 ppm
Βιταμίνη B ₆	112 ppm
Βιταμίνη B ₁₂	0,2 ppm
Βιταμίνη E	5 I.U.
Ασβέστιο	2000-8000 ppm

Ιώδιο	150-550 ppm
Σίδηρος	56-350 ppm
Μαγνήσιο	0,2-0,5%
Μαγγάνιο	7-83 ppm
Νάτριο	0,5-3,2%
Ψευδάργυρος	41 ppm

3.2 *Laminaria digitata* (φαιοφύκος)

Πρωτεΐνες	8-14 %
Λιπαρά	1 %
Υδρογονάνθρακες	48 %
Βιταμίνη C	12-18 ppm
Βιταμίνη B ₁	5 ppm
Βιταμίνη B ₂	22 ppm
Βιταμίνη B ₃	34 ppm
Βιταμίνη B ₁₂	0,6-0,12 ppm
Λαμιναράνη (laminaran)	0-18 %
Μανιτόλη	4-16 %
Ασβέστιο	12400-13200 ppm
Ιώδιο	2479 ppm
Σίδηρος	50-70 ppm
Μαγνήσιο	6400-7860 ppm
Μαγγάνιο	1-16 ppm
Νάτριο	2-5,2 %

3.3 *Alaria esculenta* (φαιοφύκος)

Πρωτεΐνες	9-20 %
Λιπαρά	1-2 %
Υδρογονάνθρακες	46 %
Βιταμίνη C	100-500 ppm
β-καροτένιο	4-5 ppm
Ρετινόλη	0,7-0,8 ppm
Βιταμίνη B ₂	0,3-1 ppm
Βιταμίνη B ₃	5 ppm
Βιταμίνη B ₆	0,1 ppm

Βιταμίνη B ₁₂	<5 ppb
Ασβέστιο	11670 ppm
Ιώδιο	165-184 ppm
Σίδηρος	126 ppm
Μαγνήσιο	8960 ppm
Μαγγάνιο	<1 ppm
Νάτριο	4,6 %

Συγκρίνοντας τη διατροφική ανάλυση του ροδοφύκου (3.1) με αυτή των φαιοφυκών (3.2 & 3.3), παρατηρούμε ότι το ροδοφύκος υπερτερεί σε βιταμίνη C, β-καροτένιο και βιταμίνη B₆. Αντίθετα, τα φαιοφύκη υπερτερούν σε ασβέστιο, ιώδιο, μαγνήσιο και σίδηρο.

Οι παραπάνω αναλύσεις είναι ενδεικτικές της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης των εδώδιμων μακροφυκών και επιβεβαιώνουν την υψηλή διατροφική αξία που αποδίδεται σε αυτά. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι η πολυπληθέστερη ήπειρος της Γης, χρησιμοποιεί τα μακροφύκη ως κύριο συστατικό της διατροφής της. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ποσοτική σύσταση των μακροφυκών μεταβάλλεται εποχικά, έτσι ώστε κάποια συστατικά να βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό συγκεκριμένη εποχή (Mann, 1973).

- Πηγή δεδομένων : <http://www.seaweed.ie>

4. Πουτίγκα με φύκια

Το ροδοφύκος *Chondrus crispus* αποτελεί καλή πηγή καρραγενάνης, ένα γαλακτοματοποιητή που χρησιμοποιείται στα παγωτά, τις σάλτσες για σαλάτες (salad dressings), τις οδοντόκρεμες και τα χρώματα. Είναι επίσης, ένα εξαιρετο συστατικό για πουτίγκες! Μια τέτοια συνταγή ακολουθεί:

Συστατικά

- ½ φλιτζάνι αποξηραμένα φύκια (*Chondrus crispus*) ή 1 φλιτζάνι φρέσκα
- 3 φλιτζάνια γάλα
- 1/3 φλιτζάνι ζάχαρη
- 1/8 κουταλάκι του γλυκού αλάτι
- 1 κουταλάκι του γλυκού βανίλια

Αν χρησιμοποιήσετε αποξηραμένα φύκια, αφήστε τα στο νερό για 15 λεπτά.

Προσθέστε τα φύκια στο γάλα και βράστε στον ατμό (bain-mari) για 25 λεπτά. Σουρώστε το γάλα και αφαιρέστε τα φέκια. Προσθέστε τη ζάχαρη, το αλάτι και τη βανίλια. Ανακατέψτε το μίγμα και τοποθετήστε

σε ατομικά μπωλ. Βάλτε στο ψυγείο να παγώσει. Σερβίρεται παγωμένο και γαρνιρισμένο με βατόμουτρα.

Σημείωση: Για να κάνετε σοκολατένια πουτίγκα με φύκια, λιώστε 20-30 γρ. πικρή σοκολάτα, προσθέστε ½ φλιτζάνι ζάχαρη και 1/3 φλιτζάνι ζεστό νερό.

Ανακατέψτε. Ακολουθήστε την παραπάνω συνταγή παραλείποντας το 1/3 φλιτζάνι ζάχαρη.

- πηγή : Nature With Children of All Ages, by Edith A. Sisson.

Άλλες συνταγές

Το εδώδιμο ροδοφύκος *Polysiphonia* που καταναλώνεται από τοπικό πληθυσμό στην Κρήτη κυρίως ωμό σαν σαλάτα, μπορεί να γίνει και μαγειρευτό φαγητό:

Ψήνεται στην κατσαρόλα με θαλασσινά, όστρακα και πατάτες.

- πηγή : Τα Χόρτα, Μυρσίνη Λαμπράκη.

5. Ευρετήριο όρων

Άγαρ : άμορφο, αποξηραμένο, χωρίς αζωτούχες ενώσεις ζελατινώδες εκχύλισμα που παράγεται από τα «αγαροφύκη». Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων σαν συστατικό μαρμελάδων, κονσερβών, περιβλήματος αλλαντικών, αλλά και ως θρεπτικό υπόστρωμα μικροοργανισμών.

Αλγινίνη : βρίσκεται στο κυτταρικό τοίχωμα συγκεκριμένων φαιοφυκών ως ελεύθερο οξύ –αλγινικό- ή με τη μορφή αλάτων Na, K, Mg, Li. Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων σαν συστατικό μαρμελάδων, χυμών φρούτων, παγωτών, σαλτσών, στη βιομηχανία χρωμάτων-υφαντουργίας για τη βαφή υφασμάτων, ως συστατικό σε οδοντόπαστες, κρέμες, αλοιφές, στην αναλυτική χημεία και στις χειρουργικές ίνες.

Καρραγενάνη : ουσία που παρασκευάζεται από θαλάσσια ροδοφύκη. Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων σαν συστατικό μαρμελάδων, κονσερβών, χυμών φρούτων, παγωτών, σε κακαούχα ποτά και στη βιομηχανία φαρμάκων σαν περίβλημα φαρμάκων.

Φυκοκολλοΐδη : ουσίες ζελατινώδεις, με υψηλό ιξώδες οι οποίες εναποτίθενται στα κυτταρικά τοιχώματα ορισμένων μακροφυκών. Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση, τις φυσικοχημικές ιδιότητες και το πεδίο εφαρμογών τους διακρίνονται σε άγαρ, καρραγενίνη και αλγινίνη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adey W.H., 1998. Coral Reefs: Algal Structured and Mediated Ecosystems in shallow, turbulent, alkaline waters. J.Phycol. Vol. 34, pp. 393-406.
- Ang P.O., Sharp G.J. & Semple R.E., 1993. Changes in the population structure of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis due to mechanical harvesting. Hydrobiologia, Vol. 260-261, pp. 321-326.
- Athanasiadis A., 1997. North Aegean marine algae IV. *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E.Norris (Rhodophyta, Ceramiales). Botanica Marina, Vol. 40, pp.473-476.
- Braud J.P. & Delepine R., 1981. Growth response of *Chondrus crispus* (Rhodophyta, Gigartinales) to light and temperature in laboratory and outdoor tanks culture. Xth International Seaweed Symposium, ed. Walter de Gruyter & Co., Berlin New York, pp.553-558.
- Breeman A.M. & Guiry M.D., 1989. Tidal influences on the photoperiodic induction of tetrasporogenesis in *Bonnemaisonia hamifera* (Rhodophyta). Mar. Biol., Vol. 105, pp. 5-14.
- Chambers P.A., DeWreede R.E., Irlandi E.A. & Vandermeulen H., 1999. Management issues in aquatic macrophyte ecology: a Canadian perspective. Can.J.Bot., Vol.77, pp.471-487.
- Chen L.C.M., Edelstein T., Ogata E. & McLachlan J., 1970. Life-history of *Porphyra miniata*. Can.J.Bot. 48: 385-389.
- Ciciotte S.L. & Thomas R.J., 1997. Carbon exchange between *Polysiphonia lanosa* (Rhodophyceae) and its brown algal host. American Journal of Botany, Vol. 84, no.11, pp.1614-1616.
- Diapoulis A. & Haritonidis S., 1987. A Qualitative and Quantitative Study of the Marine Algae in the Saronikos Gulf (Greece). Marine Ecology, 8(2): 175-189.
- Dring M.J., 1982. The Biology of Marine Plants. Ed. by Edward Arnold, Great Britain, pp. 199.

- Edwards P. & Van Baalen C., 1970. An Apparatus for the Culture of Benthic Marine Algae under varying Regimes of Temperature and Light-Intensity. *Botanica Marina*, Vol. XIII, pp. 42-43.
- FengFu Fu, Tasuku Akagi, Sadayo Yabuki, Masaya Iwaki & Norio Ogura, 2000. Distribution of rare earth elements in seaweed: implication of two different sources of rare earth elements and silicon in seaweed. *J. Phycol.* Vol. 36, pp.62-70.
- Flodin C. & Whitfield F.B., 2000. Brominated anisoles and cresols in the red alga *Polysiphonia sphaerocarpa*. *Pytochemistry*, Vol.53, no.1, pp. 77-80.
- Hoek C. van de, Mann D.G. & Jahns H.M., 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge Univ. Press, pp.623.
- <http://www.seaweed.ie>
- <http://www.umassd.edu>
- Kaczmarska I. & Dowe L.L., 1997. Reproductive biology of the red alga *Polysiphonia lanosa* (Ceramiales) in the Bay of Fundy, Canada. *Marine Biology*, Vol. 128(4), pp.695-703.
- Kapraun D.F. & Luster D.G., 1980. Field and Culture Studies of *Porphyra rosengurtii* Coll et Cox (Rhodophyta, Bangiales) from North Carolina. *Botanica marina*, Vol. XXIII, pp.449-457.
- Kapraun D.F., 1978. Field and cultural studies on selected North Carolina *Polysiphonia* species. *Botanica Marina*, Vol. 21, pp. 143-153.
- Kim M.S. & Lee I.K., 1999. *Neosiphonia flavimarina* gen. Et sp. nov. with a taxonomic reassessment of the genus *Polysiphonia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Phycological research*, Vol. 47, no.4, pp. 271-282.
- Kim M.S., Keum Y-S & Lee I.K., 1999. Chromosome counts in the three species of *Polysiphonia* (Ceramiales, Rhodophyta). *Phycologia*, Vol. 38, no.1, pp. 66-69.
- Kim M-S., Maggs C.A., McIvor L. & Guiry M.D., 2000. Reappraisal of the type species of *Polysiphonia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, Vol. 35, no 1, pp.83-92.
- Lobban S. & Harrison P.J., 1994. *Nutrients in: Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, pp. 366.
- Lüning K., 1981. Light. In: *The biology of seaweeds*, ed. By C.S.Lobban & M.Wynne. Blackwell, Oxford, pg 326-355.

- Lüning K., 1990. Seaweed biogeography and ecophysiology. John Wiley & Sons, New York.
- Maggs C.A., 1988. Intraspecific Life History Variability in the Florideophycidae (Rhodophyta). *Botanica Marina*, Vol. 31, no.6, pp. 465-490.
- Makarov V.N., Makarov M.V. & Schoschina E.V., 1999. Seasonal Dynamics of Growth in the Barents Sea Seaweeds: Endogenous and Exogenous Regulation. *Botanica Marina*, Vol.42, pp. 43-49.
- Mann K.H., 1973. Seaweeds: Their Productivity and Strategy for Growth. *Science*, Vol. 182, pp. 975-981.
- Orfanidis S. & Breeman A., 1999. Geographic variation in thermal traits in *Digenea simplex* and *Champia parvula* (Rhodophyta) in relation to present and glacial temperature regimes. *J.Phycol.*, Vol. 35, pp. 919-930.
- Orfanidis S. & Haritonidis S., 1996. Effect of acclimation temperature on temperature responses of *Porphyra leucosticta* and *Enteromorpha linza* from the Gulf of Thessaloniki, Greece. *Hergoländer Meeresuntersuchungen*, Vol.50, pp. 1-13.
- Orfanidis S., 1991. Temperature Responses and Distribution of Macroalgae Belonging to the Warm-temperate Mediterranean-Atlantic Distribution Group. *Botanica Marina*, Vol.34, pp. 541-552.
- Orfanidis S., 1992. Light requirements for growth of six shade-acclimated Mediterranean macroalgae. *Marine Biology*, Vol. 112, pp. 511-515.
- Orfanidis S., 1993. Temperature Responses and Distribution of Several Mediterranean Macroalgae Belonging to Different Distribution Groups. *Botanica Marina*, Vol. 36, pp. 359-370.
- Orfanidis S., Haritonidis S. & Tsekos I., 1996. Temperature requirements of *Scytosiphon lomentaria* (Scytosiphonales, Phaeophyta) from the Gulf of Thessaloniki, Greece, in relation to geographic distribution. *Hergoländer Meeresuntersuchungen*, Vol.50, pp. 15-24.
- Orfanidis S., Venekamp L.A.H. & Breeman A.M., 1999. Ecophysiological adaptations of two Mediterranean red algae in relation to distribution. *Eur.J.Phycol.*, Vol. 34, pp.469-476.
- Oza R.M., 1977. Culture Studies on Induction of Tetraspores and their Subsequent Development in the Red Alga *Falkenbergia rufolanosa* (Harvey) Schmitz. *Botanica Marina*, Vol. XX, pp. 29-32.

- Pedersen P.M., 1981. Phaeophyta: life histories. In: The biology of seaweeds. Ed. by C.S. Lobban & M.J.Wynne. Blackwell, Oxford, pp. 194-217.
- Rindi F., Guiry M.D. & Cinelli F., 1999. Morphology and reproduction of the adventive Mediterranean rhodophyte *Polysiphonia setacea*. Hydrobiologia, Vol. 398/399, pp. 91-100.
- Sokal R.R. & Rohlf J., 1981. Biometry, the Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2nd edition, ed. by Freeman and Company, New York, pp. 857.
- Titlyanova T.V., Skriptsova A.V. & Titlyanov E.A., 1995. Development of a community at *Gracilaria* culture sites in the lagoons of southern Primorye. Russian Journal of Marine Biology, Biol. Morya, Vol.21, no.3, pp.192-198.
- Vandermeulen H., 1986. Growth of *Colpomenia peregrina* (Phaeophyceae) in culture: effects of salinity, temperature and daylength. J.Phycol., Vol. 22, pp.138-144.
- Wei Y., Hang H., 1998. Study on the technology of extracting polysaccharide from *Polysiphonia urceolata*. Marine sciences / Haiyang Kexue. Qingdao no.4, pp. 62-64.
- Yoneshigue-Braga Y. & Baeta Neves M.H.C., 1981. Preliminary Studies on Mass Culture of *Gracilaria sp.* using different nutrient media. Xth International Seaweed Symposium, ed. Walter de Gruyter & Co., Berlin New York, pp.643-648.
- Zemke-White Lindsey W. & Ohno M., 1999. World seaweed utilization: an end-of-century summary. J.Appl.Phycol., Vol.11, pp. 369-376.
- Καρδάρης Θ. & Ζωή-Μώρου Α., 1990. Διακυμάνσεις μεγάλης περιόδου του ύψους της στάθμης της θάλασσας στο Αιγαίο Πέλαγος. Γ΄ Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Αθήνα.
- Κεντούρη Μ., 1998. Υδατοκαλλιέργειες, παγκόσμια πρακτική και αποδόσεις. Πανεπιστήμιο Κρήτης, σελ. 122.
- Λαζαρίδου Ε.Σ., 1994. Συστηματική, βιονομική και οικολογική μελέτη του θαλάσσιου φυτοβένθους της νήσου Μήλου (Κυκλάδες). Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 297.
- Λαμπράκη Μυρσίνη, 1997. Τα Χόρτα. Εκδόσεις Τροχαλία, σελ.293.

- Μπαμπαλώνας Δ. & Κοκκίνη Σ., 1994. Συστηματική βοτανική. Θεσσαλονίκη, Υπηρεσία δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., σελ. 283.
- Νικολαΐδης Γ., 1995. Θέματα εφαρμοσμένης βοτανικής. Θεσσαλονίκη, Υπηρεσία δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., σελ. 108.
- Ορφανίδης Σ., 1990. Θερμοκρασιακές και φωτοπεριοδικές αποκρίσεις ορισμένων θαλάσσιων μακροφυκών της Μεσογείου σε σχέση με τη γεωγραφική τους κατανομή στο Β. Ατλαντικό. Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Ορφανίδης Σ., Χαριτωνίδης Σ. & Τσέκος Ι., 1990. Η Τεχνική της Μονοκαλλιέργειας των Μακροφυκών στο Εργαστήριο. Γ΄ Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Αθήνα 14-17 Μαΐου, σελ. 654-660.
- Χαριτωνίδης Σ. & Λαζαρίδου Ε., 1997. Φυκολογία, οδηγίες για την αναγνώριση θαλάσσιων μακροφυκών και φανερόγαμων. Α.Π.Θ., Υπηρεσία δημοσιευμάτων, σελ. 48.
- Χαριτωνίδης Σ., 1978. Συμβολή στην έρευνα των πληθυσμών των βενθικών μακροφυκών (Χλωροφυκών, Φαιοφυκών & Ροδοφυκών) του Θερμαϊκού κόλπου. Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 175.
- Χαριτωνίδης Σ., 1990. Τα Θαλάσσια Φύκη και η Ρύπανση. Γ΄ Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Αθήνα 14-17 Μαΐου, σελ. 218-222.
- Χαριτωνίδης Σ., 1995. Υδατοκαλλιέργειες – καλλιέργειες φυκών. Θεσσαλονίκη, Υπηρεσία δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., σελ. 76-107.
- Χαριτωνίδης Σ., 1996. Φυκολογία (Μακροφύκη – Θ.Φανερόγαμα). Α.Π.Θ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ.143.

