

# **Οικολογικοί ρόλοι θαλάσσιων οργανισμών**

**M.Sc Λευτέρης Μαρίνος  
Φαρμακοποιός**

## **Θάλασσα σημαντική πηγή συστατικών βιολογικά δραστικών**

Είναι γνωστό ότι οι ωκεανοί, οι λίμνες και τα ποτάμια, δηλαδή το υδάτινο περιβάλλον, καλύπτουν περισσότερο από το 70% της συνολικής επιφάνειας του πλανήτη μας. Αν λάβουμε δε υπόψη το μέγεθος της υδάτινης μάζας, αυτό αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 95% της βιόσφαιρας και μαζί της, όπως εκτιμάται με τις πιο συντηρητικές εκτιμήσεις, τουλάχιστον 200.000 μορφές ζωής. Από τα 28 κύρια φύλα του ζωικού βασιλείου, τα 26 απαντώνται και στον υδάτινο χώρο ενώ τα 8 από αυτά είναι αποκλειστικά υδρόβια, γεγονός αναμενόμενο καθώς είναι γενικά αποδεκτό ότι η ζωή πρωτοεμφανίστηκε στους προϊστορικούς ωκεανούς, την προκαμβιανή περίοδο, πριν από 3 δισεκατομμύρια χρόνια.

Συνεπώς οι θαλάσσιοι οργανισμοί που δεν εγκατέλειψαν ποτέ το αρχικό τους ενδιαίτημα είχαν στη διάθεσή τους περισσότερο χρόνο προσαρμογής και εξέλιξης και μάλιστα σε ένα πολύ πιο ομοιογενές και σταθερό περιβάλλον από αυτό των αντίστοιχων χερσαίων.

## **Μεσόγειος θάλασσα**

Γύρω στα 20 εκατομμύρια χρόνια πριν, μια εκτεταμένη θάλασσα που ονομαζόταν Τηθύς, συνέδεε τον Ατλαντικό με τον Ινδικό ωκεανό, στα ανατολικά της τεράστιας ηπείρου, της Παγγαίας. Οι συγκλίνουσες πλάκες της Ευρασίας και της Αφρικής απομονώνουν τη θάλασσα αυτή πρώτα από τον Ινδικό και μετά από τον Ατλαντικό. Τα νερά της μεσογειακής θάλασσας εξατμίζονται και δημιουργείται μια απέραντη αλμυρή έρημος ή μια σειρά από αλμυρές λίμνες 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια του Ατλαντικού. Στη συνέχεια τα στενά του Γιβραλτάρ ανοίγουν, τα νερά του Ατλαντικού κατακλύζουν τη λεκάνη της Μεσογείου και δημιουργούν τη θάλασσα που θα αποτελέσει το λίκνο του πολιτισμού.

Η μεσογειακή χλωρίδα και πανίδα, εξελίχθηκε μέσα σε εκατομμύρια χρόνια σε ένα μίγμα οργανισμών με μεγάλο ποσοστό ενδημικών ειδών (28%). Η ποικιλία

κλιματικών και υδρολογικών συνθηκών καθώς και η ύπαρξη των μοναδικών μεσογειακών βιοτόπων, αποτέλεσμα και της γεωλογικής ιστορίας της περιοχής, είναι οι αιτίες του καταπληκτικού μίγματος των οργανισμών. Ένα σύνολο 10000 έως 12000 θαλάσσιων οργανισμών, έχει καταγραφεί έως τώρα (τα 1300 αφορούν φυτικούς οργανισμούς), ενώ η πλούσια βιοποικιλότητα της Μεσογείου εκπροσωπεί το 8 με 9% του συνολικού αριθμού των ειδών στις θάλασσες.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της Μεσογείου, είναι η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών, η οποία μειώνεται όσο κινείται κανείς από ανατολικά προς τα δυτικά. Η μόνη εξαίρεση της συνολικά oligοτροφικής μεσογειακής θάλασσας, είναι η ευτροφική περιοχή στο πιο βόρειο κομμάτι της Αδριατικής θάλασσας, γεγονός που οφείλεται στη διάθεση μεγάλου αριθμού αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων από τις εκβολές των ποταμών του βορά.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της Μεσογείου είναι και οι μεγάλες τιμές αλατότητας που παρουσιάζονται εξαιτίας της μεγάλης εξάτμισης των υδάτων.

### **Θαλάσσια οικοσυστήματα**

Οι ωκεανοί και οι θάλασσες είναι οικοσυστήματα, που απαρτίζονται από όλους τους οργανισμούς που ζουν σε αυτούς, όλους τους φυσικούς, χημικούς και γεωλογικούς παράγοντες του περιβάλλοντος, αλλά και όλες τις αλληλεπιδράσεις τόσο μεταξύ των ίδιων των οργανισμών όσο και μεταξύ των οργανισμών και παραγόντων του περιβάλλοντος. Η λεπτομερής περιγραφή της δομής ενός οικοσυστήματος είναι εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση, γιατί μέσα σε ένα τέτοιο σύστημα ζουν εκατοντάδες χιλιάδες διαφορετικά είδη ζώων, φυτών και μικροοργανισμών, πάνω στα οποία επιδρά ένα πλήθος παραγόντων του περιβάλλοντος. Μπορούμε όμως να απλοποιήσουμε τα πράγματα, αν χωρίσουμε τη δομή ενός οικοσυστήματος σε **βιοτική**, τη δομή που περιλαμβάνει όλους τους ζώντες οργανισμούς και **αβιοτική**, τη δομή που περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες του φυσικού περιβάλλοντος. Στην παρούσα ομιλία θα εστιάσουμε στη βιοτική δομή του οικοσυστήματος και πιο συγκεκριμένα στον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ( γεγονός καθοριστικό για την

επιβίωσή τους) αφού το μοριακό υπόβαθρο των δράσεων αυτών έχει ιδιαίτερο χημικό και αρκετές φορές και φαρμακολογικό ενδιαφέρον.

Εκτός αυτών όμως και οι **αβιοτικοί παράγοντες** έχουν καθοριστικό ρόλο στην επιβίωση των θαλάσσιων οργανισμών, καθορίζοντας το ρυθμό ανάπτυξης αλλά και την επιβίωσή τους. Οι παράγοντες αυτοί είναι τα θαλάσσια ρεύματα, το ηλιακό φως, η θερμοκρασία, η πίεση, η αλατότητα και η πυκνότητα του νερού, τα διαλελυμένα αέρια και τα θρεπτικά συστατικά. Για κάθε οργανισμό και κάθε αβιοτικό παράγοντα υπάρχουν τα όρια ανοχής ή ανθεκτικότητας, μέσα στα οποία ένας οργανισμός είναι σε θέση να επιβιώσει και να αναπτυχθεί. Αν για παράδειγμα η ένταση του φωτός αυξηθεί η μειωθεί πέρα από τα όρια ανοχής του οργανισμού τότε αυτός δεν μπορεί πλέον να επιβιώσει.

### **Διάκριση των θαλάσσιων οργανισμών και κατανομή τους στο χώρο**

Στη βιοτική δομή του οικοσυστήματος και με βάση τον τρόπο τροφής οι οργανισμοί κατηγοριοποιούνται ως :

**Παραγωγοί** (ή αυτότροφοι οργανισμοί) που δεν είναι άλλοι από τα φυτά.

**Καταναλωτές** (η ετερότροφοι ζωικοί οργανισμοί ) που δεν παράγουν οι ίδιοι την τροφή τους αλλά τρέφονται με άλλους οργανισμούς (π.χ. ψάρια).

**Αποικοδομητές** που είναι και αυτοί ετερότροφοι οργανισμοί αλλά τρέφονται με οργανικά θρύμματα δηλαδή νεκρή φυτική η ζωική ύλη ή απεκκρίματα και περιττώματα ζώντων οργανισμών.

Η εξάπλωση και η κατανομή των ζώντων οργανισμών στον υδάτινο χώρο, δεν είναι ομοιόμορφη. Η αναγκαία ενέργεια για τις συνθετικές εργασίες προέρχεται από το φως του ηλίου. Επομένως τα παράκτια και τα επιφανειακά ύδατα είναι εκείνος ο χώρος, όπου το φυτοπλαγκτόν και τα φύκη μπορούν να φωτοσυνθέσουν (εύφωτη ζώνη) και να ευδοκιμήσουν, αλλά και οι ετερότροφοι οργανισμοί να τραφούν από αυτούς. Έτσι στους χώρους αυτούς συναντά κανείς μια μεγάλη πυκνότητα ζωής, ενώ αυτή μειώνεται όσο προχωρούμε στους ωκεανούς και σε μεγάλα βάθη όπου το φως προοδευτικά μειώνεται για να φτάσουμε στους αβυσσικούς χώρους του αιώνιου σκότους (κάτω από 1000μ). Εδώ οι οργανισμοί είναι λιγότεροι και τρέφονται μόνο με τα υπολείμματα των νεκρών

οργανισμών από τα ανώτερα στρώματα που κατακτώνται επ' αυτών. Έτσι η εξάρτηση που υπάρχει είναι άμεση και σημαντική.

Με βάση την κατανομή τους στο χώρο αλλά και την κύρια ικανότητα κινήσεως που διαθέτουν οι θαλάσσιοι οργανισμοί μπορούν να διακριθούν σε:

**Πλαγκτόν**, που περιλαμβάνει όλους εκείνους τους οργανισμούς που σύρονται και φέρονται από τα ρεύματα του νερού.

**Νεκτόν**, που περιλαμβάνει όλους τους ισχυρά κολυμβώντες οργανισμούς, που οι κινήσεις τους είναι ικανές να τους καταστήσουν αρκετά ανεξάρτητους των κινήσεων του νερού (π.χ. ψάρια).

**Βένθος**, που περιλαμβάνει όλους εκείνους τους οργανισμούς, που ζουν στο βυθό και ή έρπουν ή είναι σταθερά τοποθετημένοι στην επιφάνεια του όπως οι αστερίες, οι σπόγγοι κ.λ.π.

Οι οργανισμοί μιας κατηγορίας ζουν καταναλώνοντας οργανισμούς μίας άλλης, και όχι μόνο, δημιουργώντας έτσι τροφικά πλέγματα, συνιστώντας ουσιαστικά μια ροή ενέργειας από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο. Είναι κατανοητό πως μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών κατηγοριών υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός, αφού όλοι οι οργανισμοί ανεξαιρέτως προσπαθούν να επιβιώσουν. Ο ανταγωνισμός αυτός δεν περιορίζεται όμως μόνο μεταξύ των διαφορετικών ομάδων αλλά και ανάμεσα σε οργανισμούς που ανήκουν στην ίδια ομάδα. Καθοριστικός παράγοντας στη προσπάθεια των οργανισμών για επιβίωση και διαίωση του είδους τους είναι το χημικό τους φορτίο, όπως οι δευτερογενείς μεταβολίτες, οι οποίοι έχουν ιδιαίτερη οικολογική σημασία.

### **Χημική οικολογία**

Η επιστήμη που διερευνά τη σημασία των δευτερογενών προϊόντων του μεταβολισμού των οργανισμών στην συμπεριφορά και στις σχέσεις μεταξύ τους, είναι η **Χημική οικολογία** ή οικολογική βιοχημεία η οποία κινείται στα όρια της Χημείας - Βιολογίας. Εξ' ορισμού ο νέος αυτός διεπιστημονικός τομέας τροφοδοτείται αλλά και τροφοδοτεί με δεδομένα ένα αριθμό επιστημονικών κατευθύνσεων. Αυτές περιλαμβάνουν την χημεία φυσικών προϊόντων, την βιοχημεία και τις μελέτες μηχανισμού δράσης των δευτερογενών μεταβολιτών, την συνθετική οργανική χημεία και

τους κλάδους της βιολογίας που ασχολούνται με μελέτες συμπεριφοράς, εξελικτικές αντιδράσεις στα χημικά σήματα και οικολογικές συνέπειες.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μορίων που προέρχονται από φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς δεν είναι προϊόντα ατυχούς διαδικασίας ή τελικής απόρριψης, αλλά συντέθηκαν από τους οργανισμούς με σοβαρό ενεργειακό κόστος για να ικανοποιήσουν συγκεκριμένες, εξειδικευμένες ανάγκες. Οι σοβαρότεροι οικολογικοί ρόλοι που διαδραματίζουν τα φυσικά προϊόντα για τους οργανισμούς που τα συνθέτουν είναι αυτός της χημικής επικοινωνίας, ο προσανατολισμός της νυμφικής εγκατάστασης, οι ορμονικές ρυθμίσεις, ο εδαφικός ανταγωνισμός και τέλος η χημική προστασία από τα φυτοφάγα, τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τα αρπακτικά

### **Εδαφικός επεκτατισμός στο θαλάσσιο περιβάλλον**

Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε χώρους υψηλής προτίμησης, όπως είναι οι κοραλλιογενής ύφαλοι. Τα φύκη αλλά και ζωικοί οργανισμοί όπως είναι οι βάλανοι και οι πεταλίδες, διατηρούν ελεύθερους (από μακρο- αλλά και μικροοργανισμούς) με χημικά μέσα τους γειτονικούς χώρους για “ιδία χρήση”.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται έντονες ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα αυτόν, καθώς τέτοιες ουσίες έχουν σημαντικό εμπορικό ενδιαφέρον αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία υποβρύχιων κατασκευών και υφάλων πλοίων από τα επίφυτα,. Οι ουσίες αυτές θα εμποδίσουν την ανάπτυξη των ανεπιθύμητων οργανισμών αλλά επειδή είναι φυσικά προϊόντα δεν θα επιβαρύνουν το περιβάλλον.

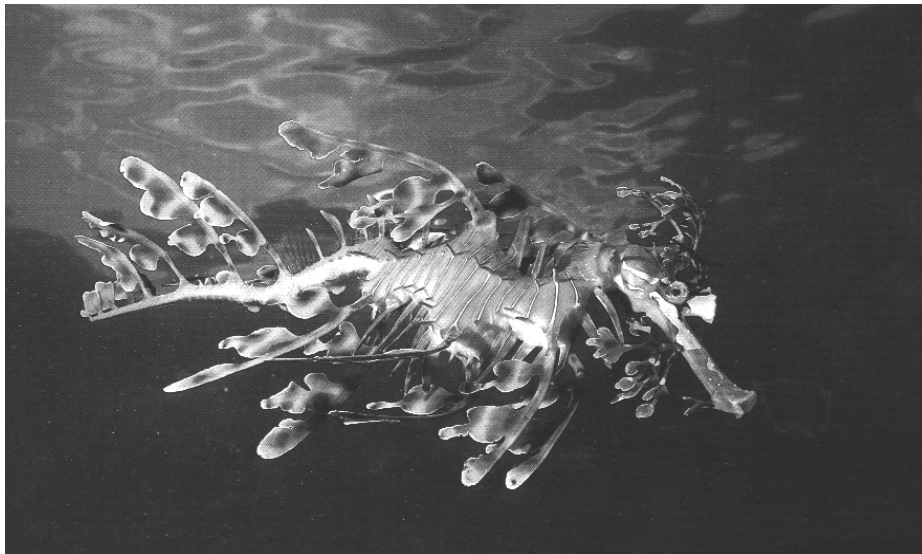
### **Χημική προστασία**

Οι περισσότεροι οργανισμοί, χερσαίοι ή θαλάσσιοι, που δεν έχουν την δυνατότητα κίνησης για να αποφύγουν τους διώκτες τους ή δεν διαθέτουν επαρκή μηχανική προστασία αναγκάζονται να επενδύσουν σημαντικά ποσά ενέργειας στη σύνθεση χημικών ουσιών για την απώθηση των εχθρών τους. Ο βαθμός στον οποίο οι οργανισμοί είναι εξοπλισμένοι με μέσα χημικής προστασίας είναι άμεσα εξαρτημένος

από τα επίπεδα κινδύνου που αντιμετωπίζουν οι οργανισμοί, το κόστος σύνθεσης της χημικής άμυνας και τη σχετική αξία των διαφόρων μελών του οργανισμού που είναι περισσότερο εκτεθειμένα.

Ανάγκη για χημική προστασία δεν έχουν μόνο οι ακίνητοι οργανισμοί αλλά και αυτοί που είναι ευκίνητοι και σε πολλές περιπτώσεις μπορούν να αποφύγουν τους εχθρούς τους. Ένα παράδειγμα από το χερσαίο περιβάλλον είναι ο ασβός και από το θαλάσσιο περιβάλλον τα δηλητηριώδη ψάρια.

Τις περισσότερες φορές υπάρχει άμυνα πολλαπλών επιπέδων προστασίας αναλόγως με τον εχθρό και το βαθμό κινδύνου, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η ακραία περίπτωση του ιππόκαμπου *Phycodurus eques* (εικόνα1), μία γραμμή άμυνας ίσως είναι αρκετή.



**Εικόνα 1:** Ο ιππόκαμπος *Phycodurus eques* με την εκπληκτική προσαρμογή του στο περιβάλλον αποφεύγει τους εχθρούς του.

Τα κεφαλόποδα ενώ διαθέτουν μεγάλη ευκινησία ταυτόχρονα επενδύουν στον τομέα της προσαρμογής στο περιβάλλον και της κάλυψής τους με χημικό παραπέτασμα (μελάνι κ.τ.λ.). Οργανισμοί που διαθέτουν μηχανική προστασία στηρίζουν την επιβίωσή τους πολλές φορές και στην χημική προστασία. Οι πεταλίδες παρά το γεγονός ότι έχουν το κέλυφος διαθέτουν χημική προστασία για τις περιπτώσεις εκείνες που ο προστατευτικός μανδύας θα τραυματιστεί και θα αφήσει εκτεθειμένο τον οργανισμό

## Ποσοτική προστασία

Τα μέσα ποσοτικής προστασίας είναι συνήθως δομικά απλές ουσίες που για να αναπτύξουν το απαραίτητο επίπεδο προστασίας πρέπει να βρίσκονται στον οργανισμό σε μεγάλες συγκεντρώσεις που φτάνουν το 10 έως και 20% επί ξηρού βάρους. Για τους χερσαίους φυτικούς οργανισμούς τον ρόλο της ποσοτικής προστασίας επιτελούν οι ταννίνες που είναι πολυφαινολικές ενώσεις. Οι αντίστοιχες ουσίες στους θαλάσσιους οργανισμούς λέγονται φλόρο ταννίνες και είναι πολυμερή της φλόρο γλουκινόλης (1,3,5 τριυδροξύβενζόλιο). Οι μεταβολίτες ποσοτικής προστασίας δεν έχουν εξειδικευμένη δράση αλλά απευθύνονται στο σύνολο των εχθρικών οργανισμών προκαλώντας σε όλους τα ίδια δυσάρεστα αποτελέσματα αφού καταναλωθούν.

Οι ταννίνες και οι φλόρο ταννίνες προσφέρουν προστασία όχι μόνο απέναντι στους μάκρο- αλλά και στους μικρο-οργανισμούς και τα επίφυτα αλλά δεν προστατεύουν από τις βλαβερές συνέπειες της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ποσοτική προστασία είναι ενεργειακά δαπανηρή βασισμένη στον άνθρακα και είναι περισσότερο κοινή σε ευτροφικές περιοχές με άφθονους θρεπτικούς πόρους. Ενώ το κόστος παραγωγής των τανινών είναι μεγάλο, το κόστος αποθήκευσής τους είναι μικρό. Διαφορετικοί οργανισμοί παράγουν διαφορετικές ταννίνες που μπορεί να έχουν ποικίλα επίπεδα δράσης. Οι ταννίνες είναι γευστικά δυσάρεστες ουσίες, οι οποίες παρεμποδίζουν την πέψη δεσμεύοντας τα ένζυμά της. Έχει βρεθεί ότι επεμβαίνουν και σε κυτταρικό επίπεδο και τελικά μειώνουν την ανάπτυξη και επιβίωση των καταναλωτών. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις εμφανίζουν τοξική δράση.

Τα επίπεδα των τανινών δεν είναι σταθερά και ο ίδιος οργανισμός σε άλλο περιβάλλον μπορεί να περιέχει 3-4 φορές μεγαλύτερες ποσότητες τανινών. Ορισμένοι οργανισμοί έχουν εξελίξει τρόπους για να αποφεύγουν τις δυσάρεστες συνέπειες των ουσιών αυτών εκ των οποίων ο απλούστερος είναι αυτός της επικάλυψης των εσωτερικών τοιχωμάτων των πεπτικών οργάνων με βλενώδεις ουσίες για να παρεμποδίζεται η προσρόφιση των τανινών από αυτά. Άλλοι οργανισμοί παράγουν ουσίες για την συμπλοκοποίηση και ταχεία αποβολή τους και τέλος κάποιοι άλλοι συνθέτουν ένζυμα που προκαλούν την αποδόμηση τους και άρα αποτοξίνωσή τους.

## Ποιοτική προστασία

Συνήθως πρόκειται για δομικά πολύπλοκους μεταβολίτες οι οποίοι έχουν εξειδικευμένη δράση και απευθύνονται σε συγκεκριμένους οργανισμούς. Οι μεταβολίτες ποιοτικής προστασίας βρίσκονται στους οργανισμούς, σε μικρές συγκεντρώσεις (0,001-0,01%) και για τον λόγο αυτό η ποιοτική προστασία σε σχέση με την ποσοτική έχει για τον οργανισμό μικρότερο κόστος παραγωγής. Το κόστος όμως αποθήκευσης-διατήρησης της χημικής προστασίας είναι μεγάλο.

Οι τοξικές ουσίες έχουν σαν στόχο κυρίως την αντιμετώπιση των μεγάλων διωκτών. Τοξικές για ένα είδος ουσίες μπορεί να έχουν περιορισμένη επίδραση σε άλλα είδη ή ακόμη και ευεργετική δράση σε μικρές ποσότητες.

Δεν είναι σπάνιο ένας οργανισμός να διαθέτει περισσότερες από μία προστατευτικές χημικές ουσίες. Τέτοια είναι η περίπτωση των θαλάσσιων μαλάκιων *Aplysia* που όταν ενοχληθούν ελευθερώνουν μια μοβ ουσία που προσβάλλει τις απολήξεις των χημικών αισθητήρων των εχθρών. Εάν η ενόχληση συνεχιστεί τότε εκλύουν μια γαλακτώδη ουσία που προκαλεί παράλυση.

## Πρότυπα μηχανισμών προστασίας

Δύο από τα πλέον συμβατά με το εξελικτικό πλαίσιο, οικολογικά πρότυπα μηχανισμών προστασίας είναι το μοντέλο της φυτοπροφάνειας (Plant Apparency, Feeny Rhoades and Gates) και το μοντέλο της διαθεσιμότητας πόρων (Resource Availability, Bryant and Coley) στηρίζονται στις αλληλεξαρτήσεις των οργανισμών στο χερσαίο ή το θαλάσσιο περιβάλλον.

**Το πρότυπο φυτοπροφάνειας** θεωρεί δεδομένο ότι :

- 1) οι επίμονοι ή προφανείς οργανισμοί είναι επόμενο να βρεθούν από τα φυτοφάγα και κατά συνέπεια πρέπει να επενδύσουν σε μορφολογική ανθεκτικότητα, μηχανική προστασία ή σε δοσοεξαρτώμενες (ποσοτικές) μορφές χημικής προστασίας, όπως είναι οι πολυφαινόλες, για να αποφεύγουν τους εχθρούς τους.
- 2) Οι μη προφανείς ή εφήμεροι οργανισμοί αποφεύγουν τους περισσότερους εχθρούς τους στον χώρο ή στον χρόνο και χρησιμοποιούν τοξίνες (κυανιούχες ενώσεις

αλκαλοειδή κ.α.) δηλαδή ποιοτική χημική προστασία για την απόθεση των γενικοφάγων (generalists).

**Το πρότυπο της διαθεσιμότητας πόρων** βασίζεται στην δυνατότητα και ταχύτητα ανάπτυξης του οργανισμού με βάση τους διαθέσιμους πόρους.

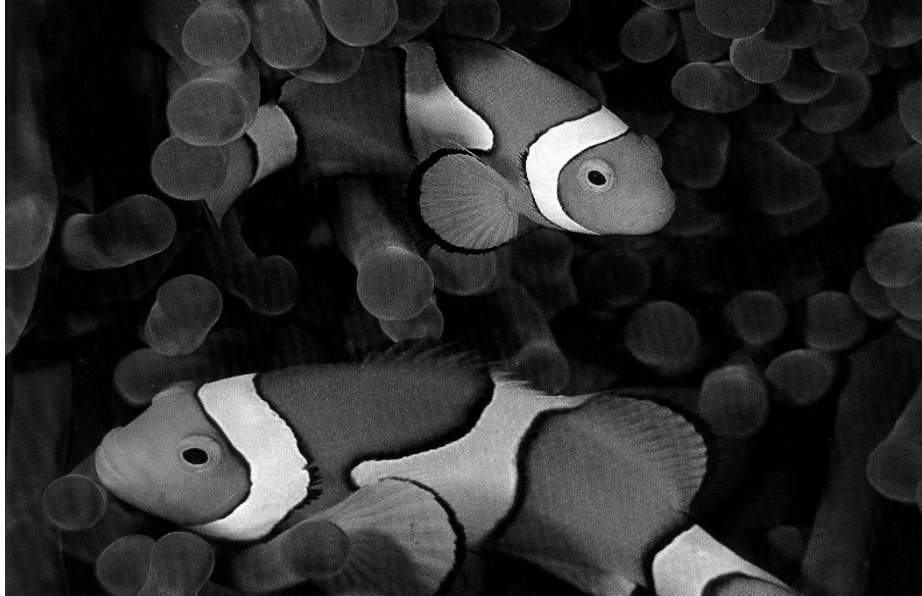
- 1) Για τους αργής ανάπτυξης οργανισμούς σε θρεπτικά φτωχές περιοχές κάθε απώλεια από φυτοφάγα και αρπακτικά είναι σημαντική και κατά συνέπεια η επένδυση σε χημική προστασία πρέπει να είναι μεγάλη.
- 2) όταν ο ρυθμός ανάπτυξης είναι υψηλός και οι πόροι άφθονοι, οι απώλειες μπορούν να αντικατασταθούν ανώδυνα και παθητικά χωρίς να χρειάζεται ο οργανισμός να καταφεύγει στην ενεργειακά δαπανηρή χημική προστασία.

Έχει παρατηρηθεί κατά τα διάφορα φυλογενετικά στάδια ότι οι ποιοτικές μορφές χημικής προστασίας (κυανιούχες ενώσεις και αλκαλοειδή) αντικαθίστανται από ποσοτικές μορφές χημικής προστασίας (ταννίνες) που ενώ έχουν υψηλό κόστος αρχικής σύνθεσης, έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης.

Μελέτες με προσεκτικά σχεδιασμένες βιοδοκιμές εργαστηρίου και πεδίου, με αυστηρά επιλεγμένους οργανισμούς και συνθήκες αλλά και επεξεργασία των αποτελεσμάτων με κατάλληλα στατιστικά προγράμματα στηρίζουν και επιβεβαιώνουν τα παραπάνω πρότυπα.

### **Επιθετικά όπλα**

Οι βιοδραστικοί μεταβολίτες με τοξική δράση δε χρησιμοποιούνται μόνο για την αντιμετώπιση των εχθρικών οργανισμών αλλά και σαν επιθετικά όπλα για την εξασφάλιση της τροφής. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι τα δηλητήρια (χερσαίοι και θαλάσσιοι οργανισμοί) που η τοξίνη εισέρχεται στον οργανισμό μετά από τραυματισμό. Οι θαλάσσιες ανεμώνες ελευθερώνουν ουσίες που προσελκύουν τα ψάρια τα οποία και θανατώνουν με τοξίνες. Μέσα στις θαλάσσιες ανεμώνες ζει όμως το ψάρι κλόουν (εικόνα 2) με το οποίο έχει αναπτυχθεί τέτοια συμβιωτική σχέση που όχι μόνο δεν επηρεάζεται από τις τοξίνες αλλά καθαρίζει και την ανεμώνη τρώγοντας τα υπολείμματα της τροφής της.



**Εικόνα 2:** Το ψάρι κλόουν δεν επηρεάζεται από τις τοξίνες της θαλάσσιας ανεμώνης

### Παθητική αντιμετώπιση των διωκτών

Εκτός από την κίνηση, μηχανική προστασία, χημική προστασία και παραλλαγή ορισμένοι οργανισμοί αντιμετωπίζουν παθητικά και στωικά τις εχθρικές διαθέσεις των άλλων οργανισμών. Ένας τρόπος είναι να επιταχυνθεί η ανάπτυξη του για να καλύψει τις απώλειες και να μην καλυφθεί από άλλους επεκτατικούς οργανισμούς.

Ένας δεύτερος τρόπος για να εξασφαλιστεί η επιβίωση είναι ο οργανισμός να διαθέτει σπόρους οι οποίοι δεν καταστρέφονται όταν περάσουν από το πεπτικό σύστημα του εχθρού.

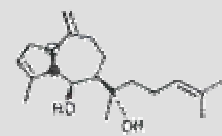
### Παραδείγματα χημικής προστασίας

Τα φαιοφύκοι του γένους *Dictyota* βασίζουν την προστασία τους σε σειρά οξυγονωμένων διτερπενίων που είναι παράγωγα της παχιδικτιόλης Α και της δικτιόλης Ε.

Το φαινόμενο της εκλεκτικής βιοσυσσώρευσης (sequestration)



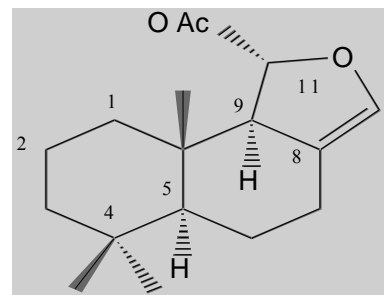
Παχιδικτιόλη Α



Δικτιόλη Ε

χημικής προστασίας από την τροφή είναι πολύ κοινό στους θαλάσσιους ζωικούς οργανισμούς. Το αμφίποδο *Ampithoe longimana* όταν συμβιεί με το φαιοφύκος *Dictyota manstrualis* και βιοσυσσωρεύει παχιδικτιόλη A και δικτιόλη είναι πιο αποτελεσματικά προστατευμένο από ότι στις περιπτώσεις που τρέφεται από το χημικά φτωχό χλωροφύκος *Ulva*.

Ο σπόγγος *Dysidea turpha* που συναντάται και στις Ελληνικές θάλασσες, προστατεύεται από τους διώκτες του με τη βοήθεια ενός φουρανοσεσκιτερπενίου του 7-δεακετοξυολεπουπουανίου (7-deacetoxyolepupane), το οποίο και είναι υπεύθυνο για την προστασία του σπόγγου. Ο συγκεκριμένος σπόγγος συλλέχθηκε στην περιοχή της Αγίας Μαρίνας στην Αίγινα, και η μελέτη της χημικής προστασίας πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο φαρμακογνωσίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, με πειράματα πεδίου και εργαστηρίου. Στη συγκεκριμένη περιοχή συλλέχθηκαν 4 διαφορετικές χρωματικές ποικιλίες και όπως αποδείχθηκε και οι 4 προστατεύονταν από τον ίδιο δραστικό μεταβολίτη.



### Σχέση χημικής προστασίας και φαρμακολογικής δράσης

Λαμβάνοντας υπόψιν τον έντονο ανταγωνισμό των οργανισμών στο θαλάσσιο περιβάλλον, εύκολα καταλαβαίνει κανείς το λόγο για τον οποίο οι θαλάσσιοι οργανισμοί επενδύουν στους δευτερογενείς μεταβολίτες για την άμυνα τους. Η σχέση όμως των ουσιών αυτών με τη φαρμακευτική δράση δεν είναι ούτε προφανής, ούτε σαφής. Η παραγωγή αντιμικροβιακών από έναν οργανισμό που λαμβάνει την τροφή του, διηθώντας το νερό, όπως οι σπόγγοι, δείχνει μια πιθανή σχέση μεταξύ της χημικής προστασίας των σπόγγων και αντιβιοτικών για ανθρώπινη χρήση.

Παρόλα αυτά δεν φαίνεται να υπάρχει κανένας λόγος για παραγωγή αντικαρκινικών ουσιών από τους οργανισμούς αυτούς. Για να δοθεί μια πιθανή

απάντηση σε αυτό το ερώτημα, ας δούμε την περίπτωση όπου δύο γειτονικοί σπόγγοι μεγαλώνουν έτσι ώστε τελικά οι δύο επιφάνειες τους να έχουν επαφή. Τότε θα δοθεί μάχη για το ποιος θα επικρατήσει, και ο νικητής αυτής της μάχης θα είναι αυτός ο σπόγγος που παράγει την πιο αποτελεσματική ουσία, τον πιο αποτελεσματικό μεταβολίτη, που να σκοτώνει τα ταχέως διαιρούμενα κύτταρα του άλλου σπόγγου. Η ικανότητα αναστολής του πολλαπλασιασμού των ταχέως διαιρούμενων κυττάρων είναι και ο στόχος της χημειοθεραπείας για την καταπολέμηση του καρκίνου.

Αυτές οι σκέψεις δείχνουν μια πιθανή σύνδεση του χημικού οπλοστασίου των θαλάσσιων οργανισμών και των φαρμακευτικών εφαρμογών τους αλλά μόνο σε ένα μικρό αριθμό περιπτώσεων. Το βάρος όμως της ανακάλυψης νέων φαρμάκων πέφτει στα ερευνητικά εργαστήρια και στο μεγάλο αριθμό εκχυλισμάτων που δοκιμάζουν, για ένα μεγάλο εύρος θεραπευτικών στόχων.

### **Βιβλιογραφία**

- Χημική Οικολογία-Θαλάσσια Φαρμακογνωσία. Β.Ρούσσης, Κ.Βάγιας
- Ο γαλάζιος πλανήτης. Δ. Ζαφειρόπουλος
- Χημική μελέτη του σπόγγου *Dysidea Turpha*. Λ.Μαρίνος (μεταπτυχιακή διατριβή)
- The Mediterranean Sea. European Environment Agency
- Drugs from the seas-current status and microbiological implications. P.Proksch, R.A.Edrala, R.Ebel. Appl Microbiol Biotechnol (2002) 59:125-134

### **Τοποθεσίες στο διαδίκτυο**

- [www.science.fau.edu/chemistry/kerr\\_group](http://www.science.fau.edu/chemistry/kerr_group).(Drugs from the sea. Russell Kerr, PhD)
- [www.isce.ucr.edu](http://www.isce.ucr.edu) (The international Society for Chemical Ecology)
- [www.olemiss.edu/depts/ncdnp/](http://www.olemiss.edu/depts/ncdnp/). (U.S. National Center for the development of Natural Products)