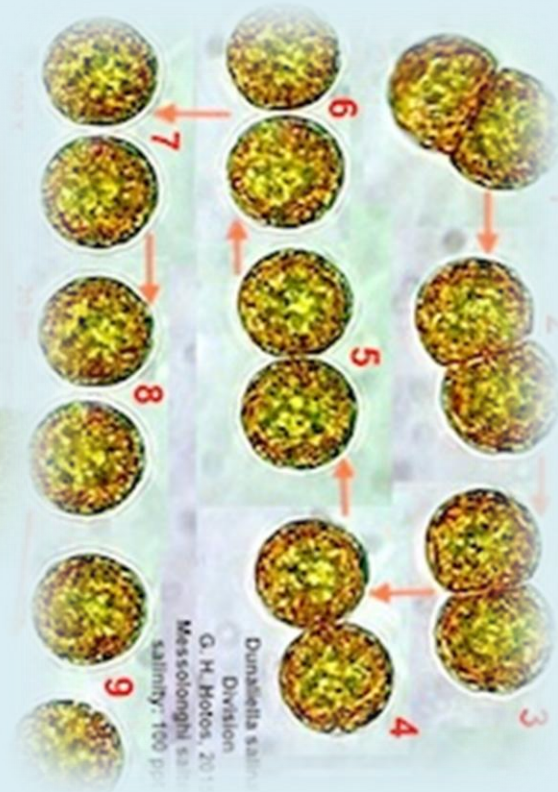
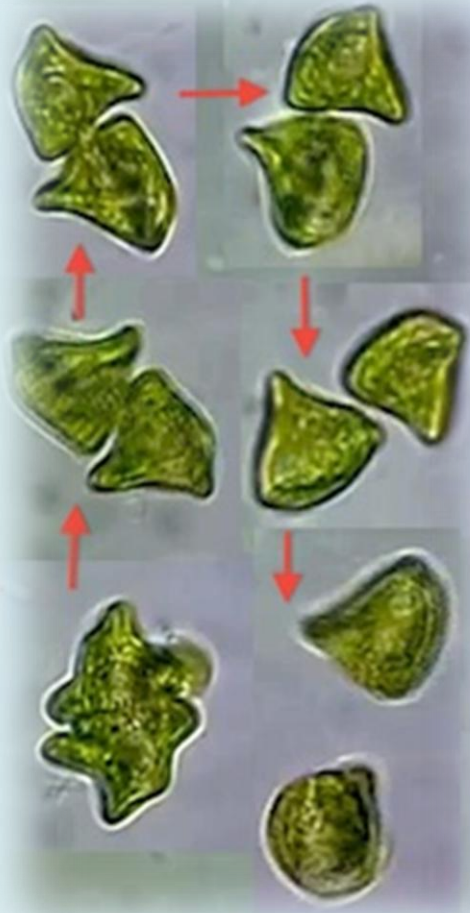


Φυκολογία - ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΦΥΚΩΝ

«Πρωταρχικό μέλημα στη μελέτη της βιολογίας των φυκών είναι η κατανόηση των αναπαραγωγικών στρατηγικών τους, και είναι πολλές και ποικίλες αυτές»

Βλαστική, αγενής και εγγενής αναπαραγωγή των φυκών



Γεώργιος Ν. Χώτος
Καθηγητής



Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας

Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών
Εργαστήριο Καλλιέργειας Πλαγκτού

Μεσολόγγι, Νοέμβριος 2018

Διακρίνονται **3 τρόποι** πολλαπλασιασμού:

1. Βλαστητικώς:

- Με διαίρεση του κυττάρου στα μονοκύτταρα φύκη
- Με κατάτμηση του θαλλού
- Με ορμογόνια (μόνο στα κυανοβακτήρια)
- Με αποκοπή τυχαίων διακλαδώσεων του θαλλού
- Με βολβοειδή αναπτύγματα (μόνο στα *Charales*)
- Με αστεροειδή αμυλώδη κύτταρα (μόνο στα *Charales*)
- Με εκβλαστήματα

2. Αγενώς:

- Με σπόρια (ζωοσπόρια, απλανοσπόρια, τετρασπόρια, εξωσπόρια, ενδοσπόρια, ακινήτες)

3. Εγγενώς:

Ανάλογα με τη δομή, τη φυσιολογική συμπεριφορά και την πολυπλοκότητα των αναπαραγωγικών οργάνων (γαμετών) διακρίνονται 5 τύποι εγγενούς αναπαραγωγής:

- Αυτογαμία -Ανισογαμία -Ωογαμία
- Ολογαμία -Ισογαμία

Παρόμοια με τους άλλους οργανισμούς, τα φύκη χαρακτηρίζονται από αύξηση και ανάπτυξη με διάφορα διακριτά κυτταρολογικά και μορφολογικά στάδια. Η αλληλουχία αυτών των καθορισμένης σειράς σταδίων καλείται **Κύκλος Ζωής** (Life Cycle).

Ο κύκλος ζωής είναι **ιδιαίτερα εμφανής**, πλέον παραστατικός και κατανοητός στην **εγγενή αναπαραγωγή** των φυκών όπου χαρακτηρίζεται από διάφορες φάσεις και γεγονότα με καθορισμένη σειρά διαδοχής το ένα μετά το άλλο και κατά τον οποίο ο **διπλοειδής ζυγώτης** που προκύπτει από την ένωση ή γονιμοποίηση δύο απλοειδών γαμετών (συνήθως σπέρμα και ωά), αναπτύσσεται είτε σε απλοειδή **θαλλό-γαμετόφυτο** (μετά από μείωση), είτε σε **θαλλό-σποριόφυτο** (χωρίς μείωση).

Παράλληλα με την παραπάνω αλληλουχία της εγγενούς αναπαραγωγής, σε πολλά είδη (κυρίως μακροφυτικά) συμβαίνει ενίοτε και **αγενής αναπαραγωγή** με παραγωγή **σπορίων** (συνήθως) τα οποία αναπτύσσονται σε νέο πανομοιότυπο θαλλό (γαμετόφυτο ή σποριόφυτο ανάλογα με τον τύπο θαλλού που παρήγαγε τα σπόρια).

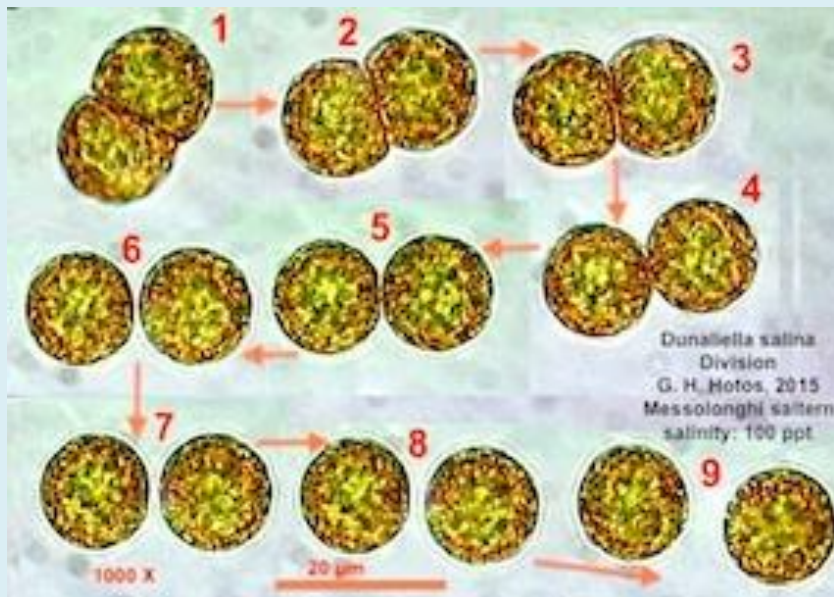
Ανάλογα με την ύπαρξη απλοειδούς (N) ή διπλοειδούς (2N) θαλλού, ή εναλλαγής και των δύο μορφών, η εγγενής αναπαραγωγή των φυκών διακρίνεται σε 5 τύπους:

1. **Απλοειδής κύκλος ζωής (μόνο γαμετόφυτο-N)**
2. **Διπλοειδής κύκλος ζωής (μόνο σποριόφυτο-2N)**
3. **Απλο-διπλοειδής, εναλλαγή γενεών**
4. **Απλο-βιοτικός κύκλος ζωής, εναλλαγή γενεών**
5. **Απλο-διπλο-βιοτικός κύκλος ζωής, εναλλαγή γενεών**

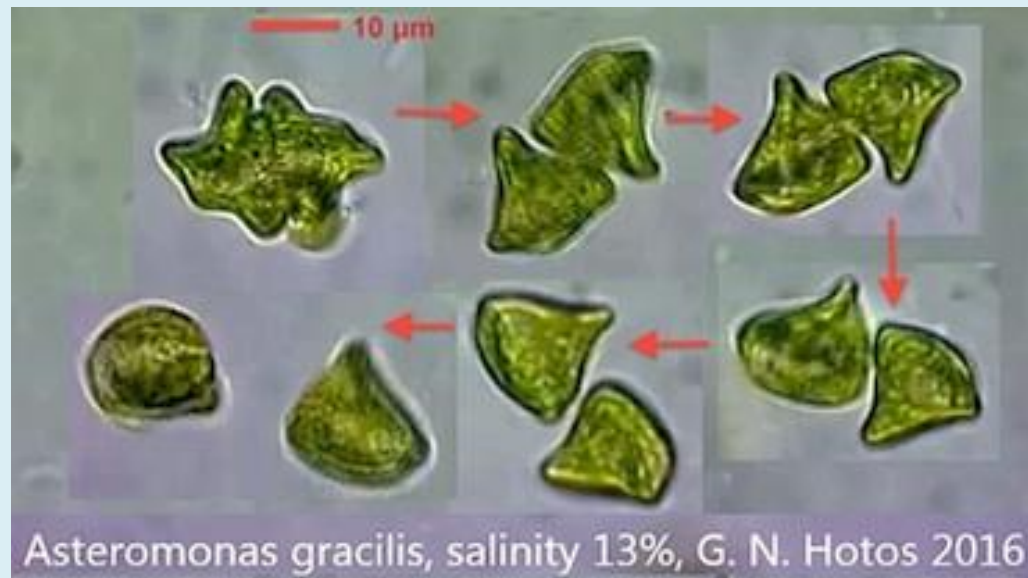
Βλαστητική αναπαραγωγή των φυκών

Διαίρεση του κυττάρου

Ευκαρυωτικά μικροφύκη
Μονοκύτταρα – πλαγκτονικά - μονήρη



Dunaliella salina



Asteromonas gracilis

Βλαστητική αναπαραγωγή των φυκών

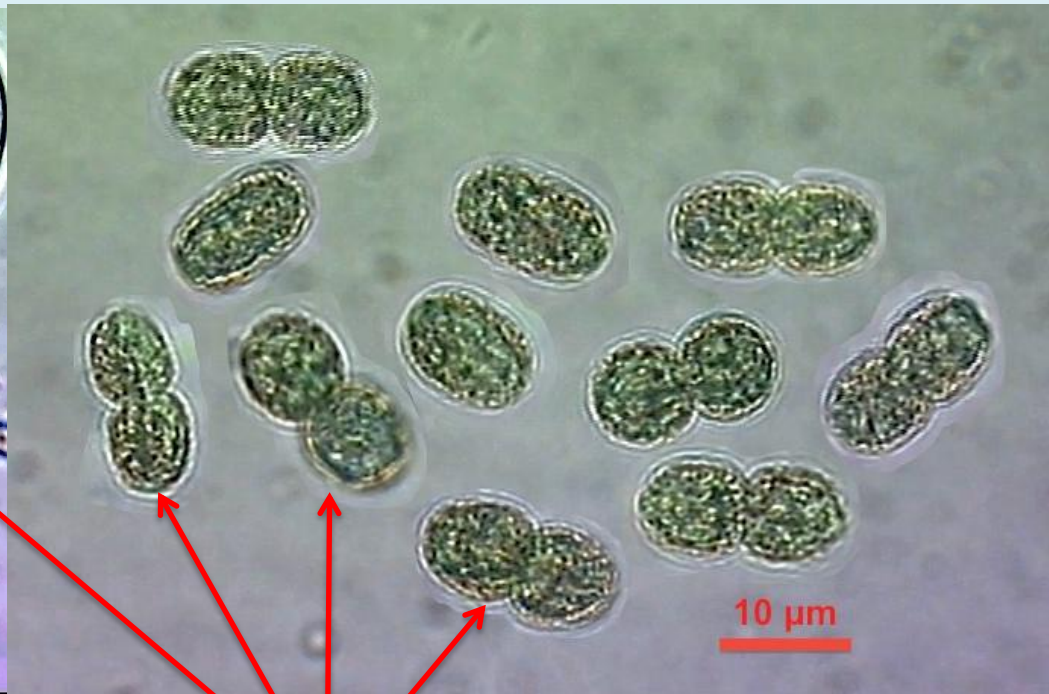
Διαίρεση του κυττάρου

Κυανοβακτήρια

Μονοκύτταρα – πλαγκτονικά - μονήρη



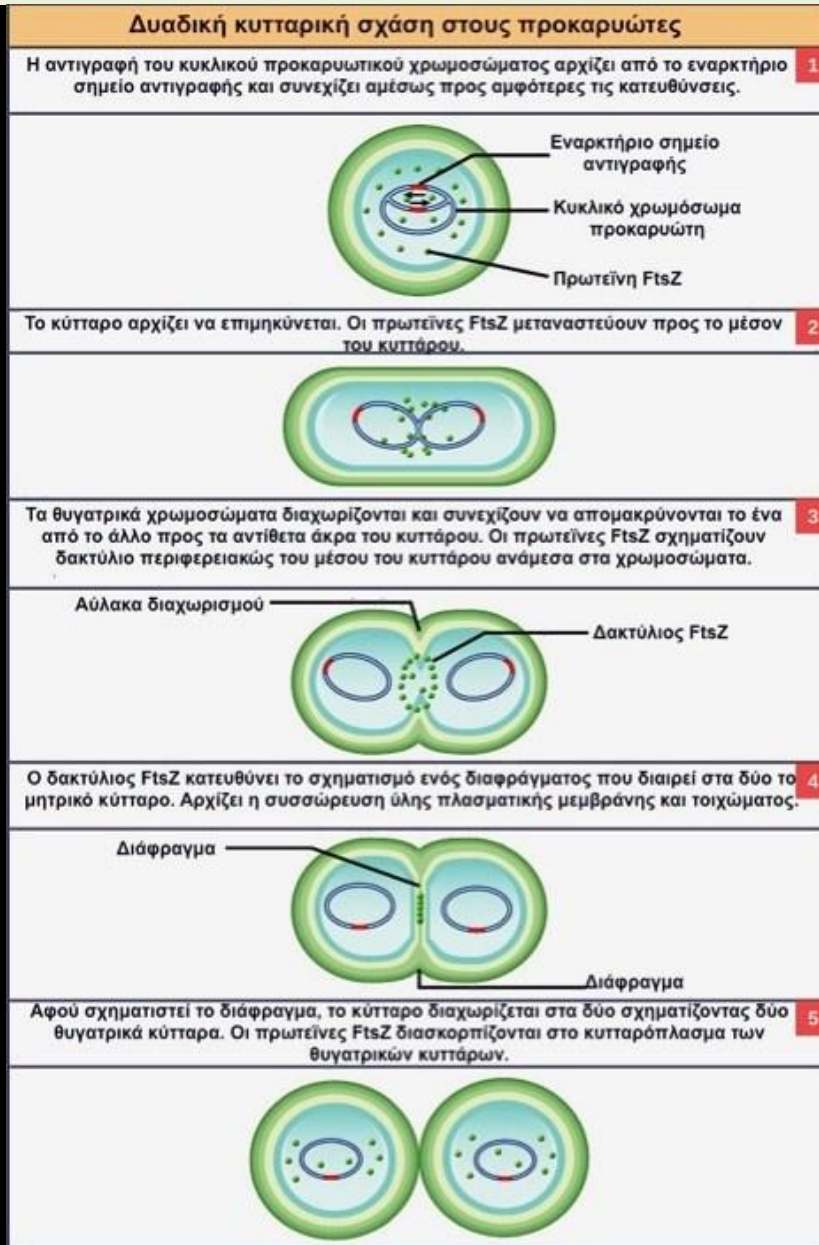
Χλωροφύκος *Tetraselmis marina*



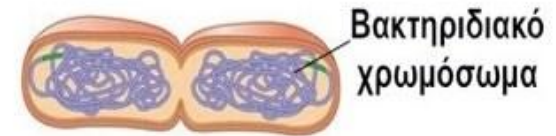
Κοκκοειδή κυανοβακτήρια σε διαίρεση

Βλασθητική Αναπαραγωγή των φυκών (κυανοβακτήρια & ευκαρυωτικά) 5

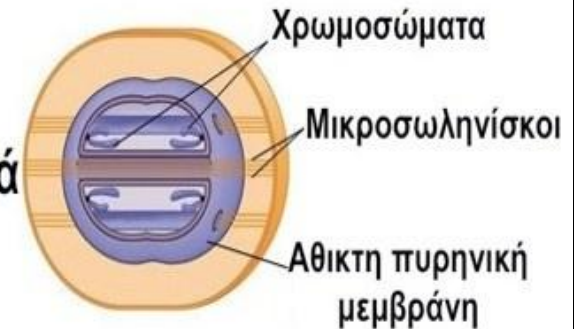
Αγενής- διαίρεση του κυττάρου-τύποι μίτωσης



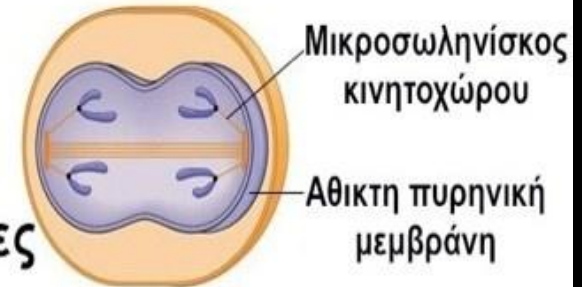
1) Βακτήρια



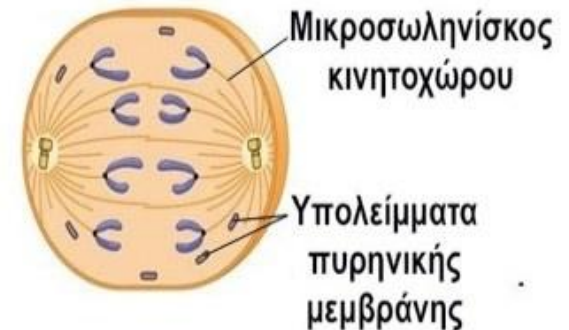
2) Δινομαστιγωτά



3) Διάτομα και μερικοί μύκητες



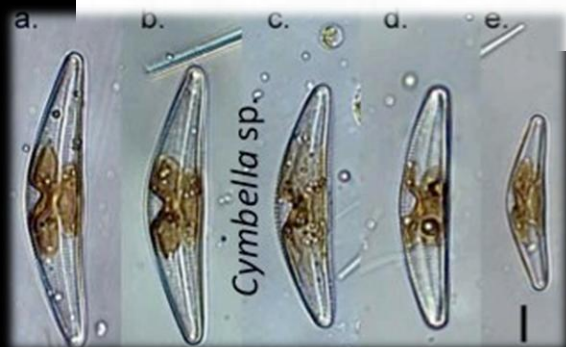
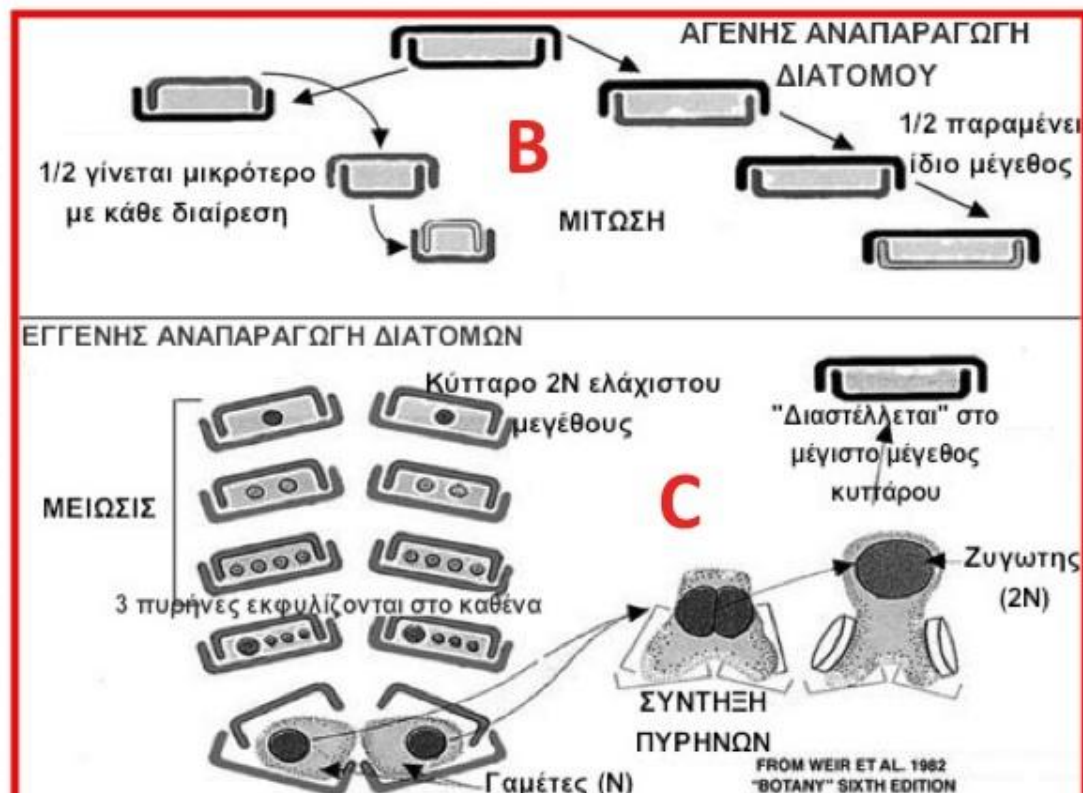
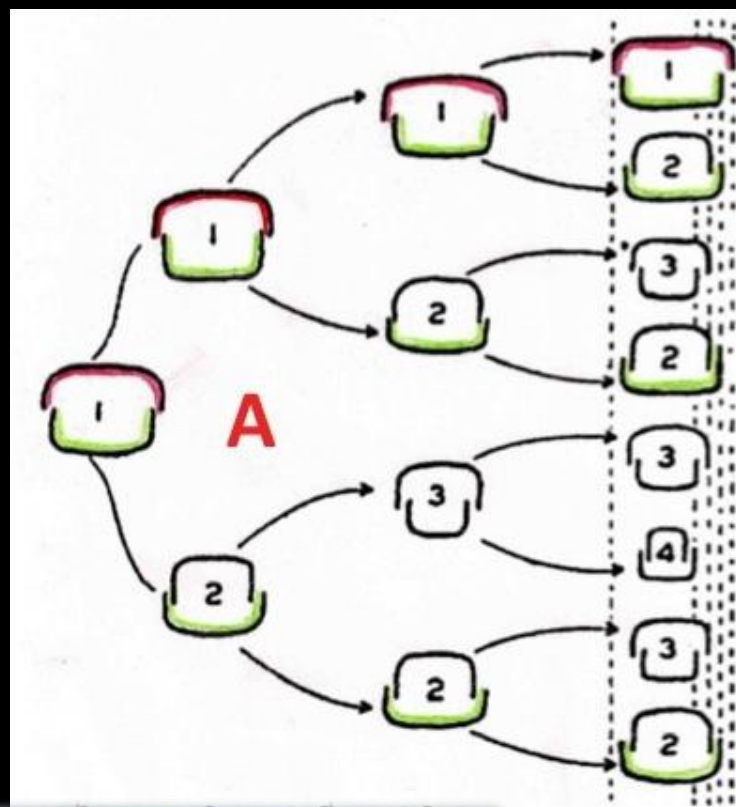
4) Πλειονότητα ευκαρυωτών



Αναπαραγωγή των φυκών

Βλαστητική- διαίρεση του κυττάρου & εγγενής (γαμεταγγειογαμία)

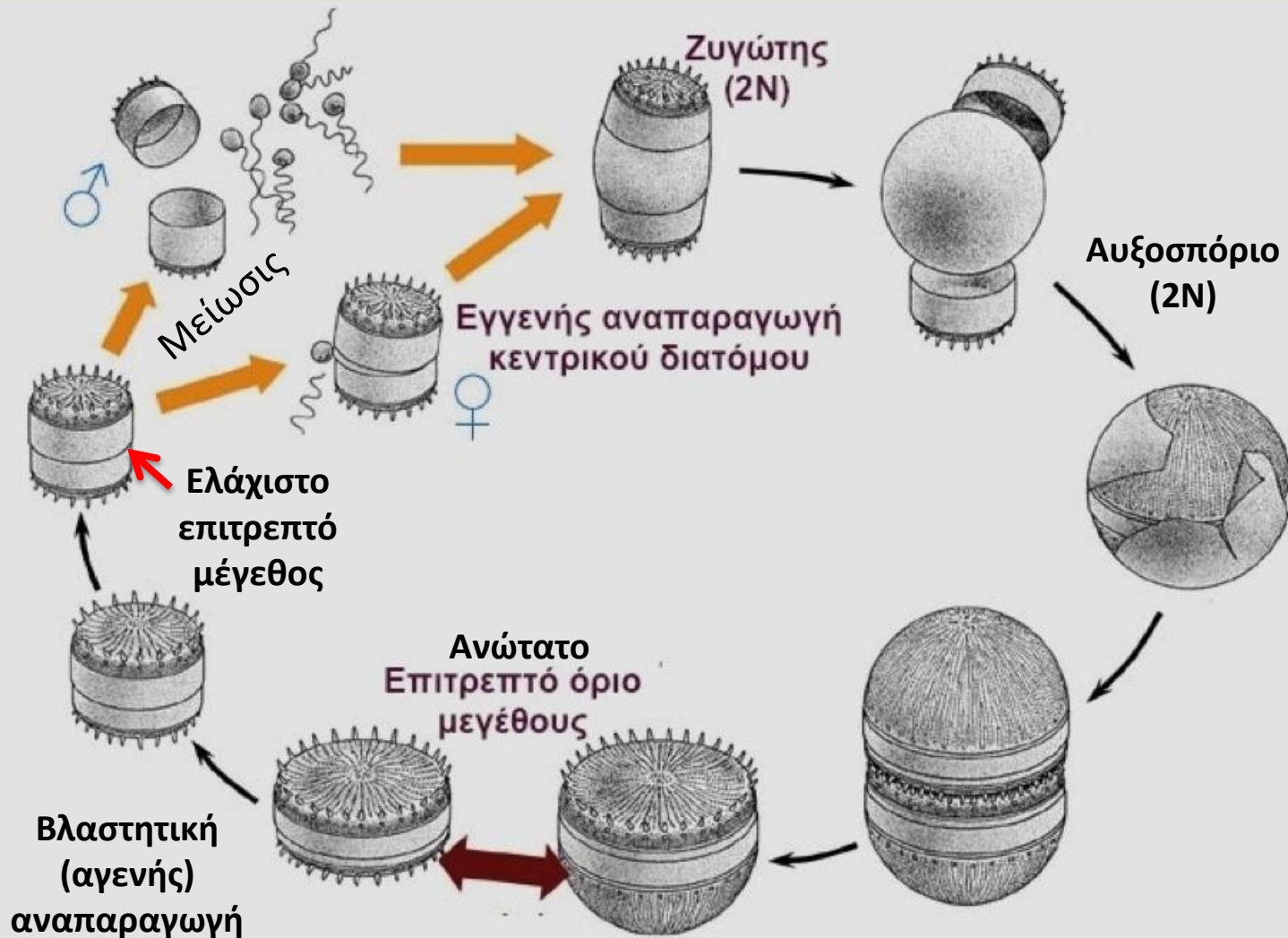
Μικροφύκη - μονοκύτταρα – πλαγκτονικά – μονήρη-πτεροειδή διάτομα



Στα πτεροειδή διάτομα κατά την κυτταρική διαίρεση διαχωρίζονται η επιθήκη με την υποθήκη και η κάθε μία λειτουργεί ως επιθήκη σχηματίζοντας νέα υποθήκη στο κάθε θυγατρικό κύτταρο. Ετσι βαθμιαία στον πληθυσμό συσσωρεύονται **όλο και μικρότερα κύτταρα**. Σε κάποιο **ελάχιστο** μέγεθος ενεργοποιείται η **εγγενής αναπαραγωγή** και ξανασηματίζονται κύτταρα κανονικού μεγέθους.

Αναπαραγωγή των φυκών

Μικροφύκη - μονοκύτταρα-πλαγκτονικά- Κεντρικά διάτομα Βλαστητική & εγγενής-(γαμέτες-ωογαμία-ζυγώτης-αυξοσπόριο)



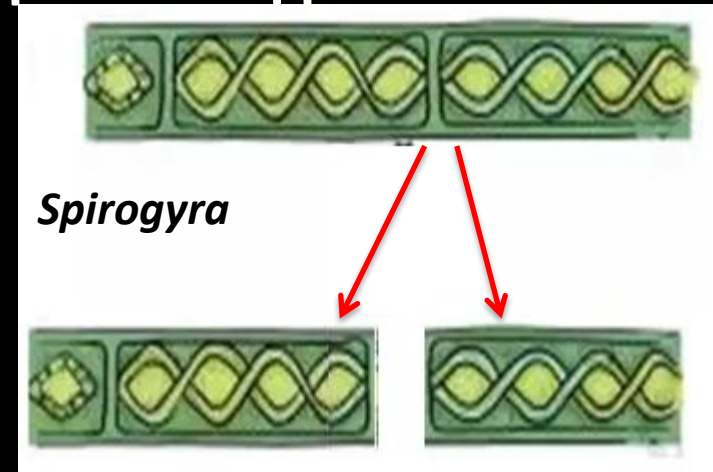
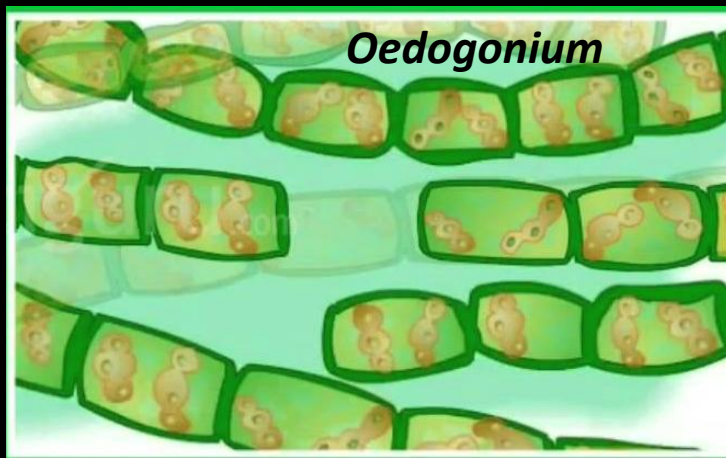
ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΔΙΑΤΟΜΑ Ωογαμία

Στα κεντρικά διάτομα (centric diatoms) σε αντίθεση με τα πτεροειδή διάτομα (pennate diatoms) η εγγενής αναπαραγωγή συνίσταται στη δημιουργία πραγματικών γαμετών (μονο-μαστιγωτών σπερματοζωιδίων και μη μαστιγωτών ωαρίων) οι οποίοι συζευγνύονται. Στα πτεροειδή διάτομα η εγγενής αναπαραγωγή γίνεται με ένωση των πυρήνων (και των πρωτοπλάσμάτων) δύο κυττάρων (γαμεταγγειογαμία)

Βλαστική αναπαραγωγή των φυκών

Κατάτμηση του θαλλού

Ευκαρυωτικά μικροφύκη και κυανοβακτήρια
Πολυκύτταρα – νηματοειδή πλαγκτονικά ή βενθικά



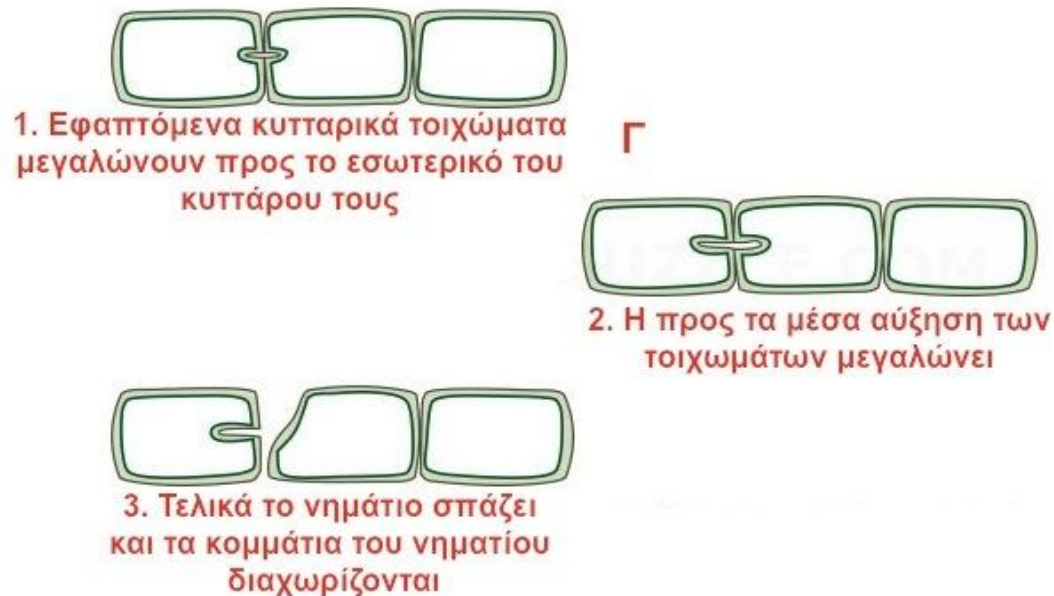
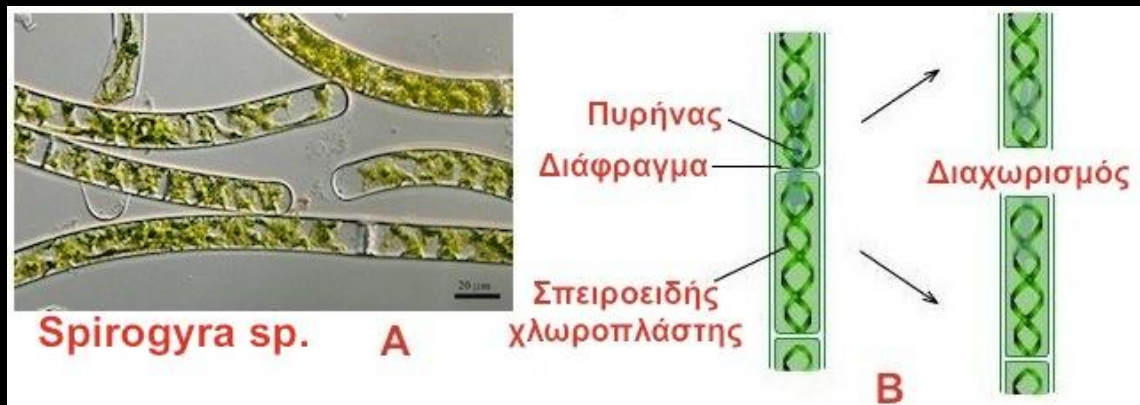
Στα **νηματοειδή** πολυκύτταρα ευκαρυωτικά φύκη και στα κυανοβακτήρια, ο θαλλός μπορεί να σπάει σε **κομμάτια** πολυκύτταρων τμημάτων, το καθένα από τα οποία αναπτύσσεται σε νέο θαλλό.

Η θραύση μπορεί να είναι είτε τυχαία σε οποιοδήποτε σημείο, είτε σε σημεία μεταξύ γειτονικών κυττάρων όπου σχηματίζονται **διαφράγματα** ή **δίσκοι διαχωρισμού**, είτε λόγω μηχανικής καταπόνησης, είτε λόγω κάποιας κάκωσης σε ορισμένο σημείο. Η κατάτμηση του θαλλού απαντάται συχνότερα στα είδη *Spirogyra*, *Ulothrix*, *Oedogonium*, *Zygnema*, *Cylindrospermopsis* (κυανοβακτήριο).

Βλασθητική αναπαραγωγή των φυκών

Κατάτμηση του θαλλού

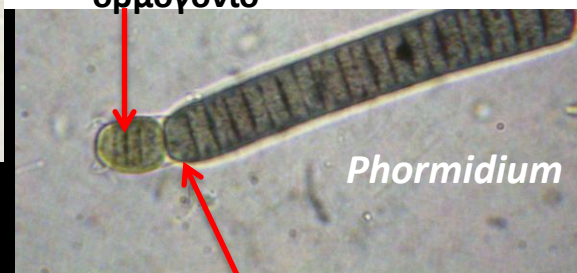
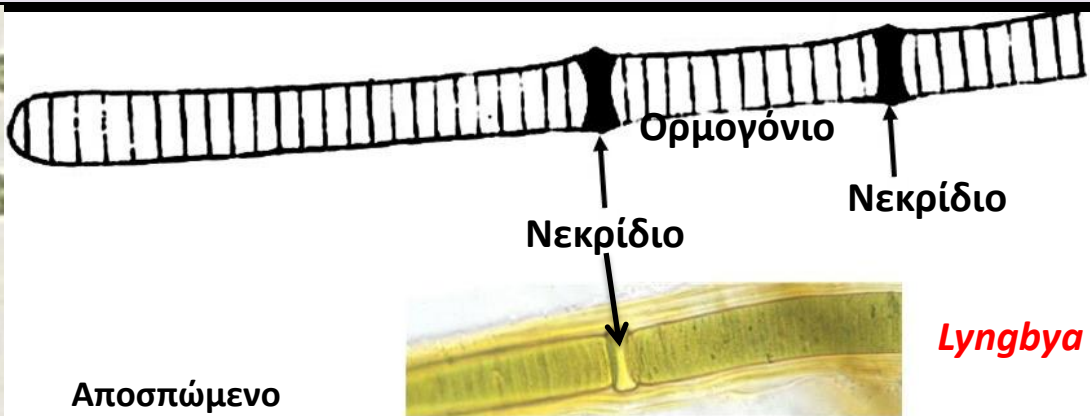
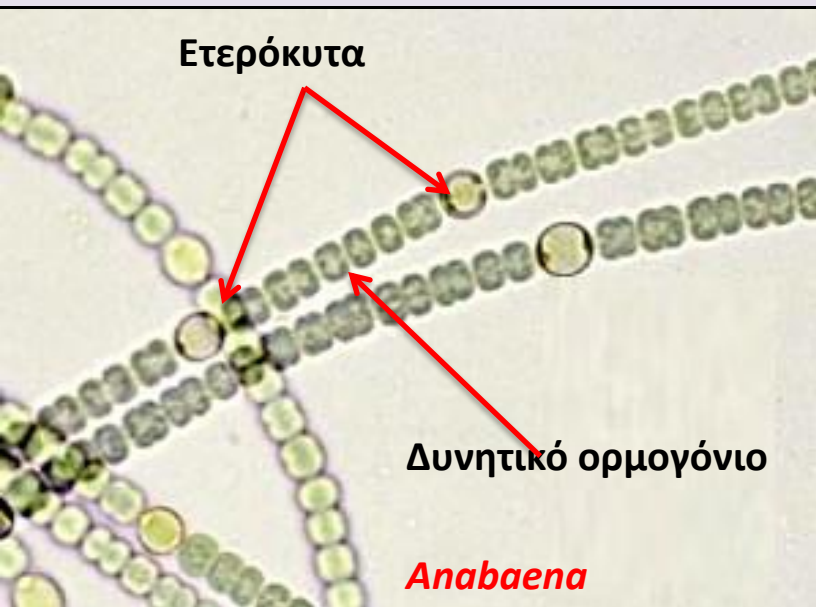
Ευκαρυωτικά μικροφύκη και κυανοβακτήρια
Πολυκύτταρα – νηματοιειδή πλαγκτονικά ή βενθικά



Προκαρυωτικά μικροφύκη (κυανοβακτήρια)

Πολυκύτταρα – νηματοειδή πλαγκτονικά ή βενθικά

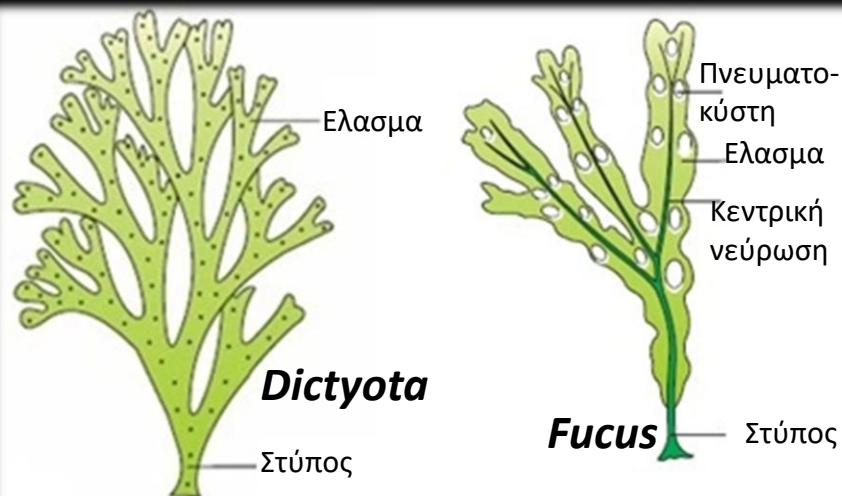
Τα περισσότερα είδη από τα νηματοειδή κυανοβακτήρια μπορούν να πολλαπλασιαστούν και με τη διαδικασία παραγωγής **ορμογονίων**. Τα ορμογόνια είναι κομμάτια του θαλλού (νήματος) τα οποία αποσπώνται με θραύση του νηματοειδούς θαλλού και κατόπιν με πολλαπλασιασμό των κυττάρων του θραύσματος επιμηκύνονται δημιουργώντας νέο κυανοβακτηριακό νημάτιο. Τα σημεία θραύσης του μητρικού θαλλού καθορίζονται από νεκρωμένα κύτταρα (**νεκρίδια** ή δίσκοι **διαχωρισμού**). Επίσης καθορίζονται από τα όρια του νήματος μεταξύ δύο **ετερόκυτων** (ειδικώς διαμορφωμένα κύτταρα του νήματος που επιτελούν αζωτοδέσμευση).



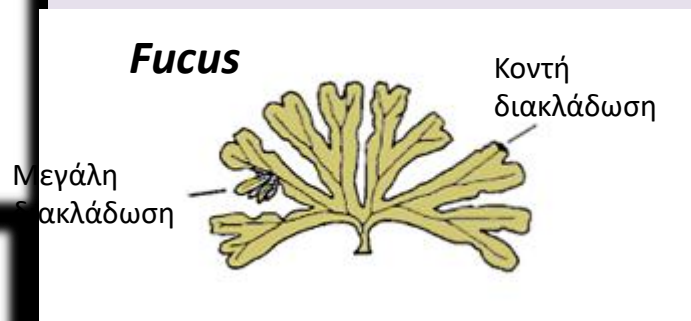
Βλαστητική αναπαραγωγή των φυκών

Αποκοπή διακλαδώσεων του θαλλού

Ευκαρυωτικά μακροφύκη - πολυκύτταρα – βενθικά



Σε διάφορα μακροφύκη ο ευμεγέθης θαλλός τους δημιουργεί **διακλαδώσεις** οι οποίες όταν αποκοπούν μπορούν να δώσουν νέο θαλλό (π.χ. στα *Fucus* sp., *Dictyota* sp.). Στο *Chara* ειδικά νέες διακλαδώσεις δημιουργούνται μεταξύ των κόμβων του θαλλού.



Βλαστητική αναπαραγωγή των φυκών

Βολβοειδή αναπτύγματα και αστεροειδή αμυλώδη κύτταρα στα χαροειδή
γλωροφύκη

Ευκαρυωτικά μακροφύκη - πολυκύτταρα – βενθικά

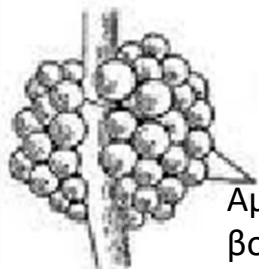
Βολβίσκος κόμβου



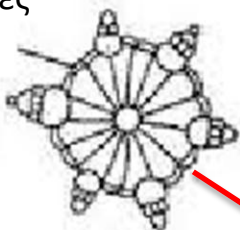
Βολβίσκος
ριζοειδούς



Αμυλώδες
κύτταρο



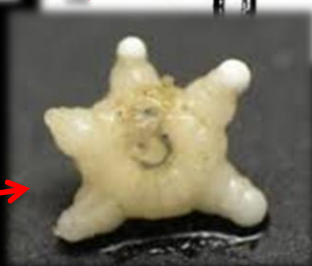
Αμορφος
βολβίσκος



Βολβίσκοι
ριζοειδούς



Στα χαροειδή (Charales) γλωροφύκη (*Chara*, *Nitella*, κ.λπ.) αναπτύσσονται είτε στο ριζοειδές τους είτε στους κατώτερους κόμβους των βολβοειδή εξογκώματα (βολβίσκοι) ή/και πλούσια σε άμυλο αστεροειδή κύτταρα. Όταν αυτά τα εξω-αναπτύγματα αποσπασθούν από το μητρικό θαλλό αναπτύσσονται σε νέο θαλλό.



Αμυλώδες
κύτταρο

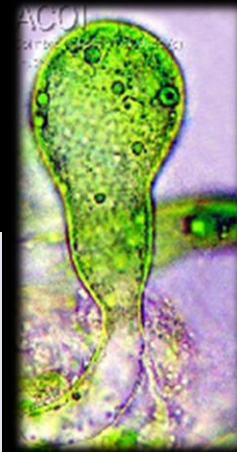
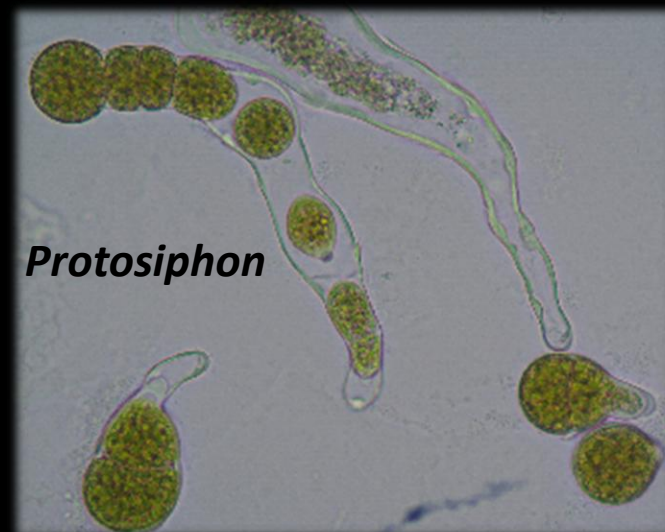


Βλαστική αναπαραγωγή των φυκών

Εκβλαστήματα του θαλλού

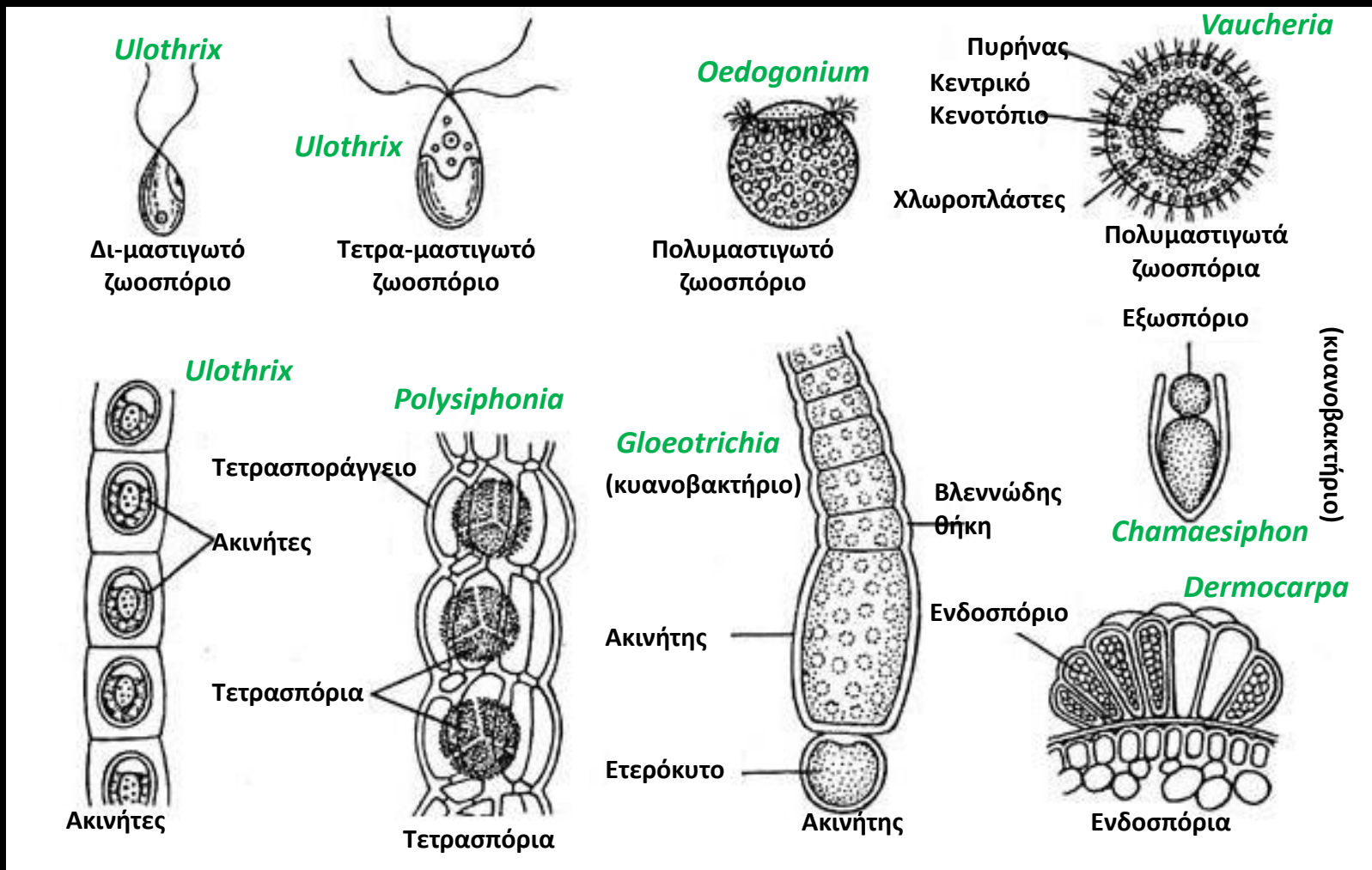
Ευκαρυωτικά μακροφύκη

Πολυκύτταρα – νηματοιειδή επιφυτικά ή βενθικά



Σε διάφορα νηματοιειδή μακροφύκη δημιουργούνται **εκβλαστήματα** από τον νηματοιειδή θαλλό τα οποία κατόπιν διαχωριζόμενα από αυτόν δημιουργούν νέο θαλλό. Παραδείγματα: *Stigonema*, *Protosiphon*.

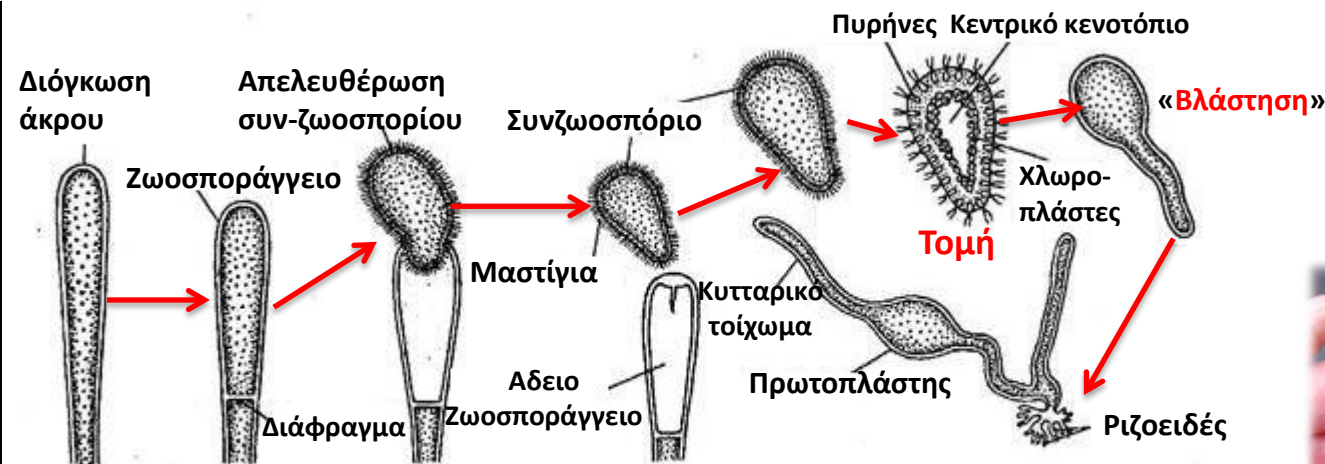
Ευκαρυωτικά μικροφύκη & μακροφύκη



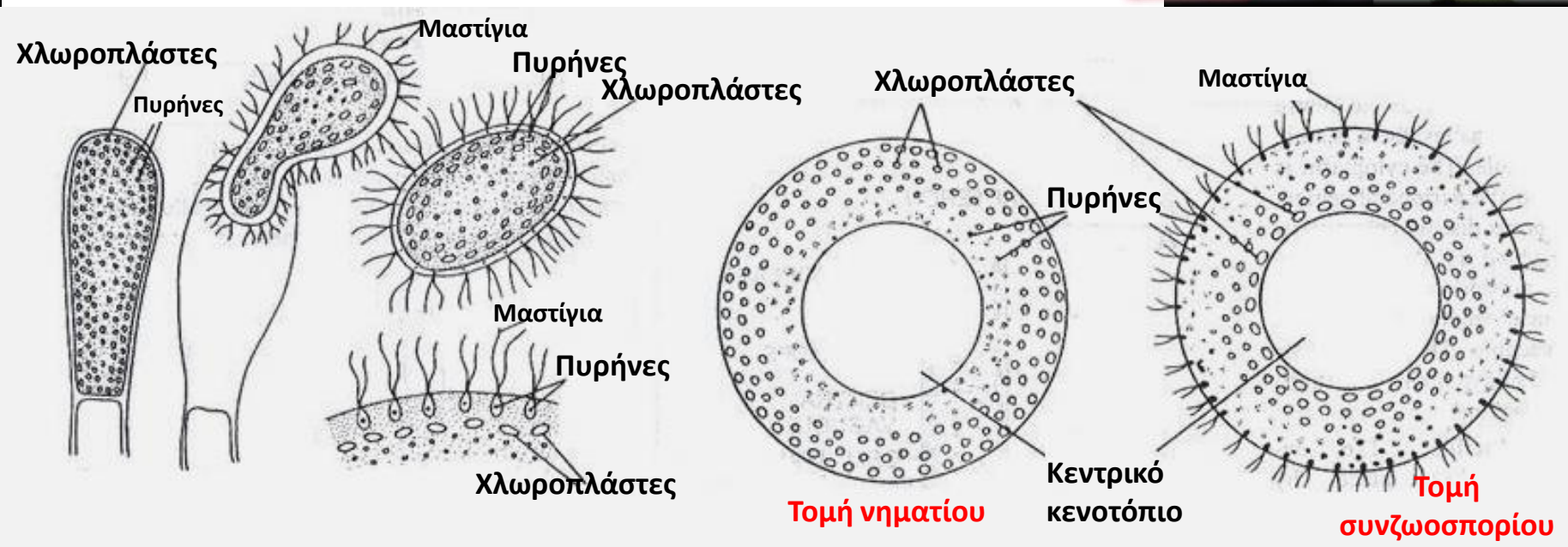
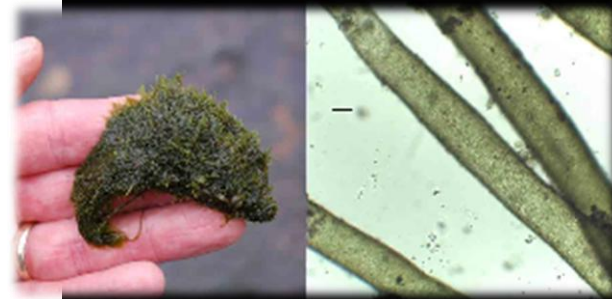
Η αγενής αναπαραγωγή στα φύκη εμπλέκει το σχηματισμό ορισμένων τύπων σπορίων με ή χωρίς κυτταρικό τοίχωμα. Πρόκειται για μια διαδικασία ανανέωσης του μητρικού πρωτοπλάσματος χωρίς σύντηξη γαμετών. Κάθε σπόριο «βλαστάνει» σε νέο θαλλό. Δεν υπάρχει εναλλαγή γενεών.

Αγενής αναπαραγωγή των φυκών – Σποριογένεση-συν-ζωοσπóρια

Η περίπτωση της *Vaucheria* (ετεροκοντόφυτα – Xanthophyceae) 15

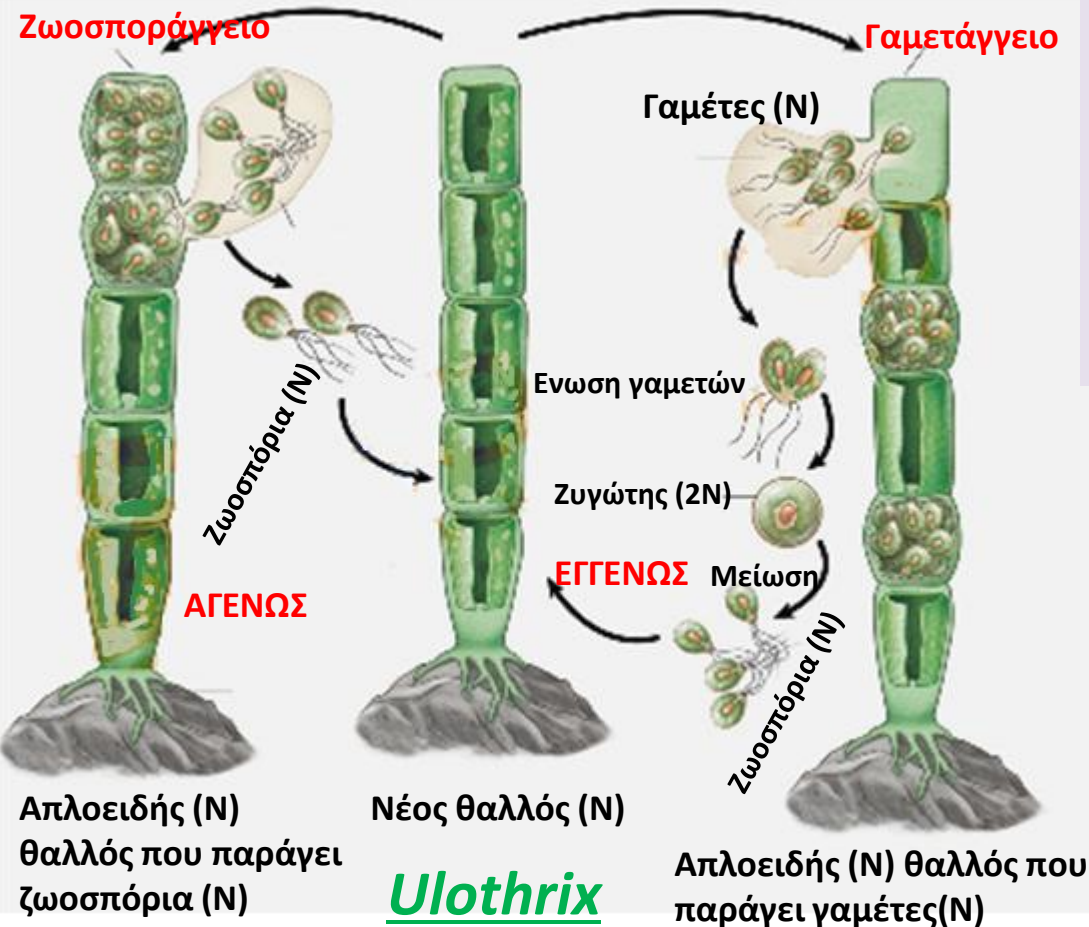


Παραγωγή πολυμαστιγωτού
συνκυτιακού ζωοσπορίου
(συνζωοσπóριο) στη
Vaucheria

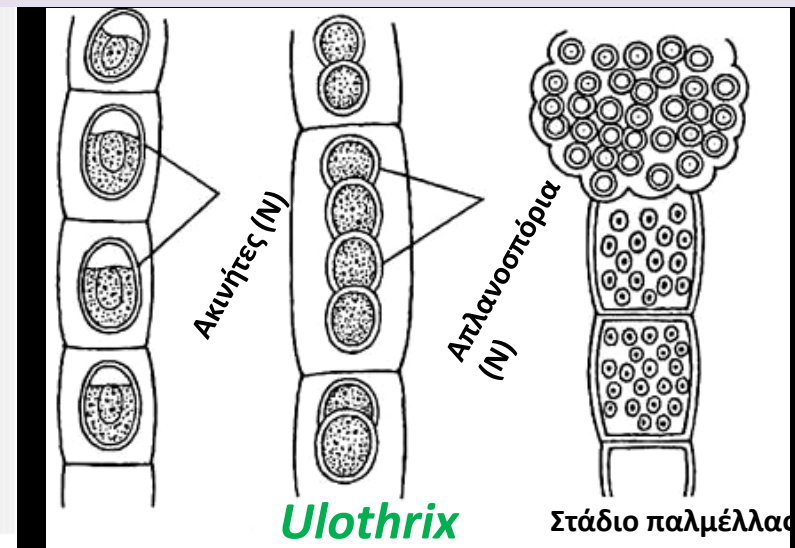


Αγενής αναπαραγωγή των φυκών – Σποριογένεση – Ζωοσπóρια-απλανοσπóρια- ακινήτες-παλμελοσπóρια - Ευκαρυωτικά μικροφύκη & μακροφύκη

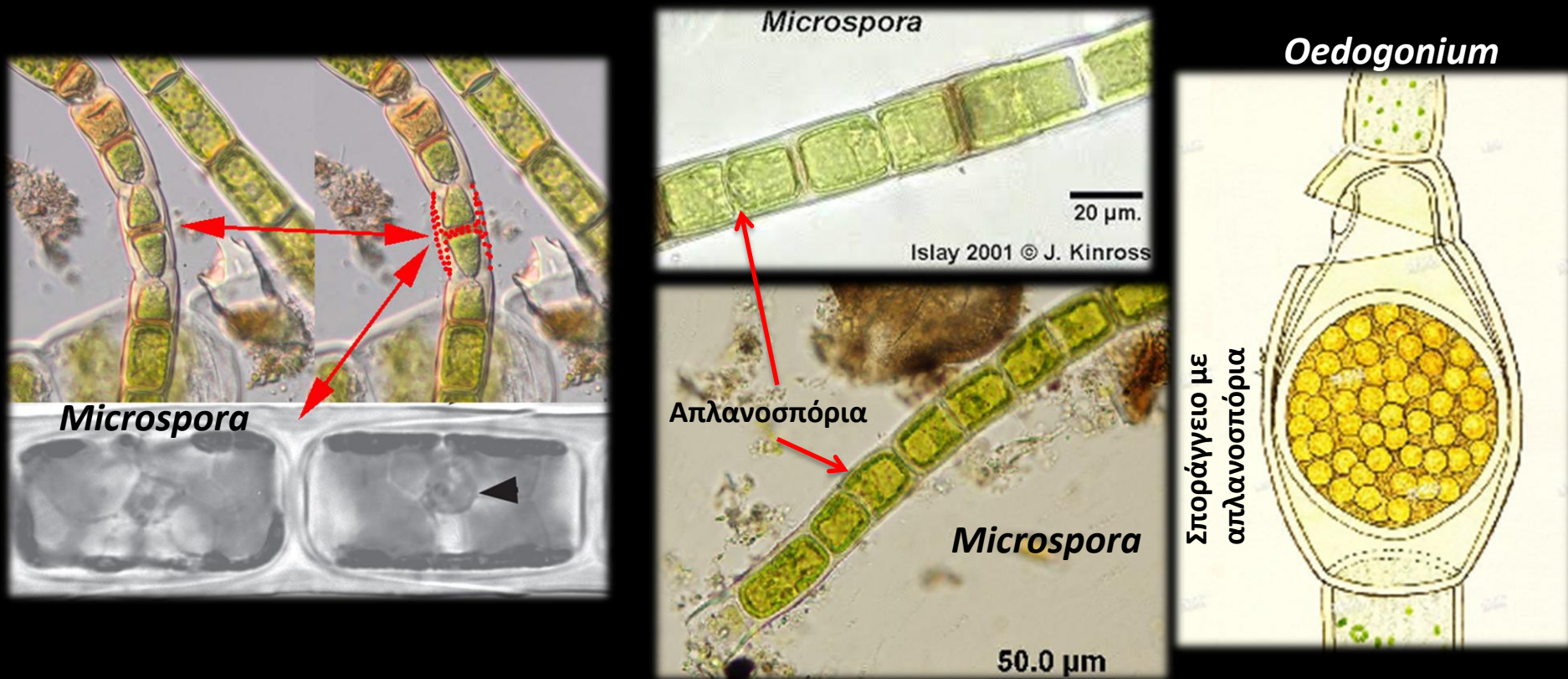
16



Το *Ulothrix* αναπαράγεται εγγενώς με παραγωγή δι-μαστιγιωτών γαμετών (+/θηλυκού, -/αρσενικού τύπου) από διαφορετικούς θαλλούς (δίοικο είδος), η ένωση των οποίων δημιουργεί τον ζυγώτη (2N) ο οποίος με μείωση παράγει 4 απλοειδή ζωοσπόρια τα οποία κατόπιν αναπτύσσονται σε (+) ή (-) νέο θαλλό.



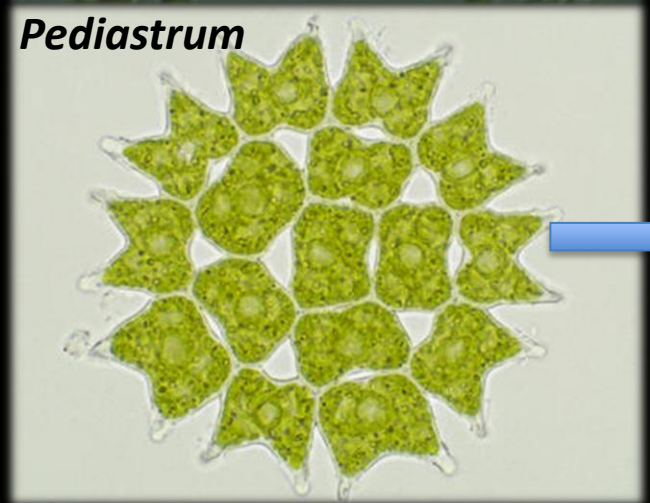
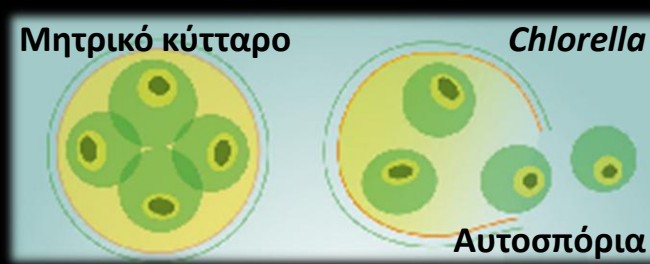
Πολλά είδη φυκών μπορούν να πολλαπλασιαστούν είτε αγενώς είτε εγγενώς με ποικιλία μεθόδων. Ένα καλό παράδειγμα είναι το χλωροφύκος *Ulothrix* το οποίο όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές αναπαράγεται αγενώς με τετρα-μαστιγιωτά ζωοσπόρια παραγόμενα με μιτώσεις σε βλαστητικά κύτταρα διαμορφωμένα σε ζωοσποράγγεια ή όταν οι συνθήκες χειροτερέψουν με άνευ μαστιγίων απλανοσπόρια ή με παχέως κυτταρικού τοιχώματος ακινήτες ή με περιβαλλόμενα από βλέννα πολλά απλανοσπόρια δημιουργώντας μια ζελατινώδη μάζα την παλμέλλα.



Τα **απλανοσπόρια** είναι σπόρια **χωρίς μαστίγια** τα οποία σχηματίζονται είτε ατομικώς από την κατάλληλη μετατροπή του πρωτοπλάσματος ενός βλαστητικού κυττάρου (π.χ. *Microspora*), είτε μαζικώς από πολλαπλές διαιρέσεις ενός βλαστητικού κυττάρου που σχηματίζει ένα **σποριάγγιο** με πολλά απλανοσπόρια (π.χ. *Oedogonium*). Τα απλανοσπόρια δημιουργούνται όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος **χειροτερεύουν** και ιδιαίτερα σε περιόδους **ξηρασίας**. Αλλωστε η δημιουργία απλανοσπορίων είναι συχνή σε ημι-υδατικά φύκη.

Αγενής αναπαραγωγή των φυκών – Σποριογένεση – Απλανοσπώρια (αυτοσπώρια-υπνοσπώρια) Ευκαρυωτικά-μονοκύτταρα - αποικιακά

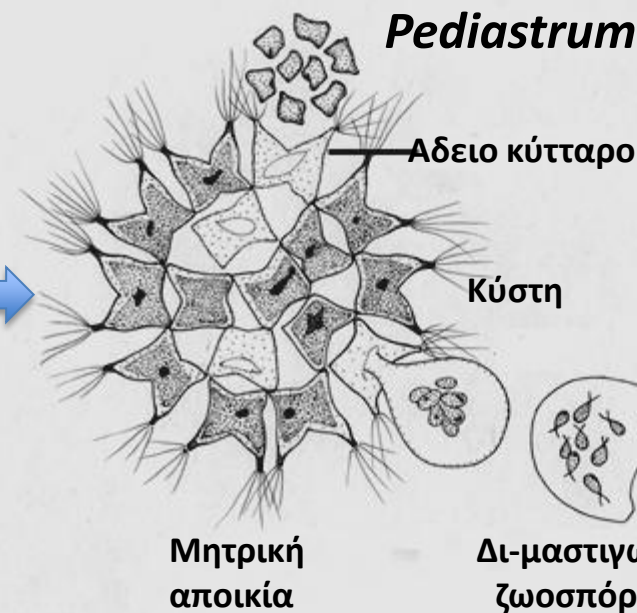
18



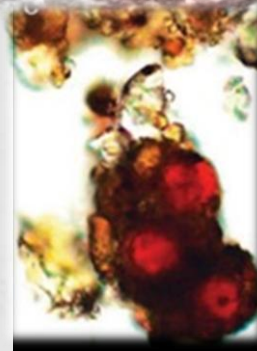
Τα **απλανοσπώρια** που είναι παρόμοια με το μητρικό κύτταρο καλούνται **αυτοσπώρια** (π.χ. *Chlorella*, *Scenedesmus*).

Απλανοσπώρια με **παχυνμένο το κυτταρικό τους τοίχωμα** και με **άφθονα αποθέματα θρεπτικών συστατικών** καλούνται **υπνοσπώρια** (π.χ. *Pediastrum*, *Sphaerella*).

Τα υπνοσπώρια ειδικά σχηματίζονται με το σκοπό να αντέξουν επερχόμενη περίοδο ξηρασίας (αφυδάτωσης). Όταν οι συνθήκες ξαναγίνουν καλές τα υπνοσπώρια είτε «βλαστάνουν» σε νέο θαλλό, είτε ο πρωτοπλάστης τους σχηματίζει ζωοσπώρια. Αντίθετα, στο **χιόνι** το κόκκινο χρώμα χαρακτηρίζει και τα υπνοσπώρια της *Chlamydomonas rivalis* λόγω μεγάλης συσσώρευσης χρωστικής αίμης στο κυτταρικό τους τοίχωμα.

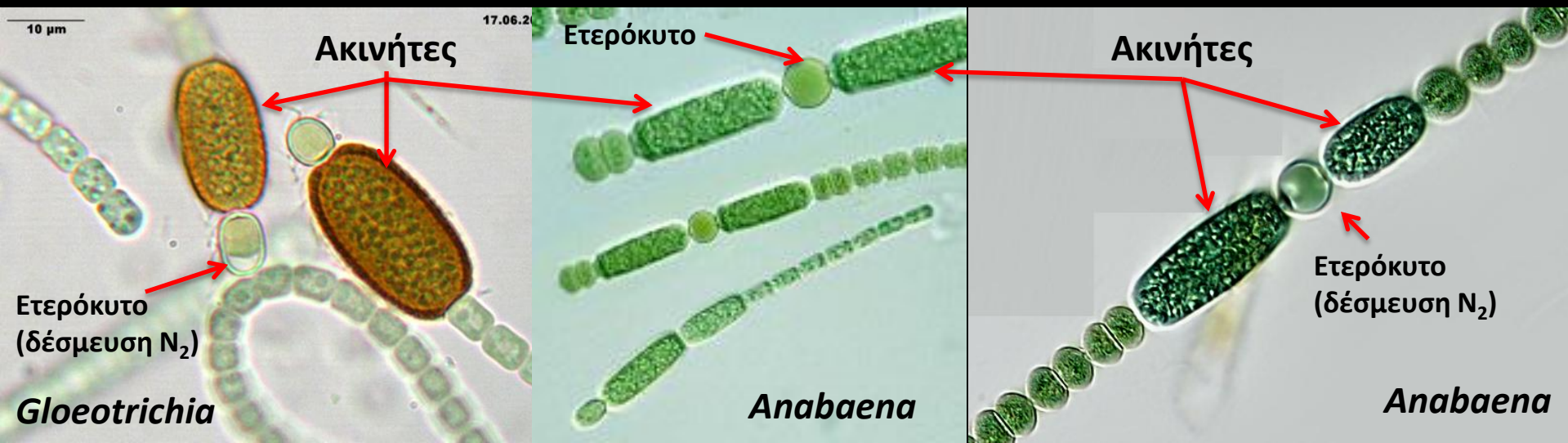


Σχηματισμός αποικίας



Αγενής αναπαραγωγή των φυκών – Σποριογένεση – ακινήτες - 19

Κυανοβακτήρια και ορισμένα ευκαρυωτικά μικροφύκη



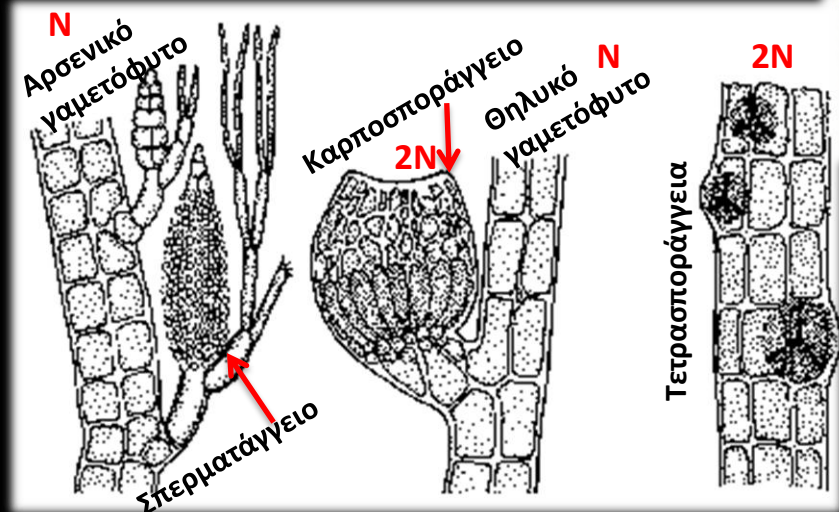
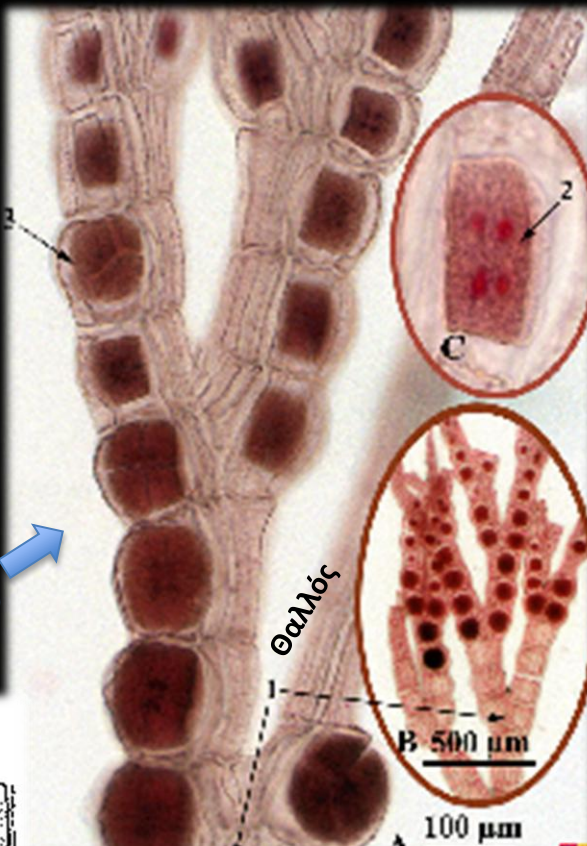
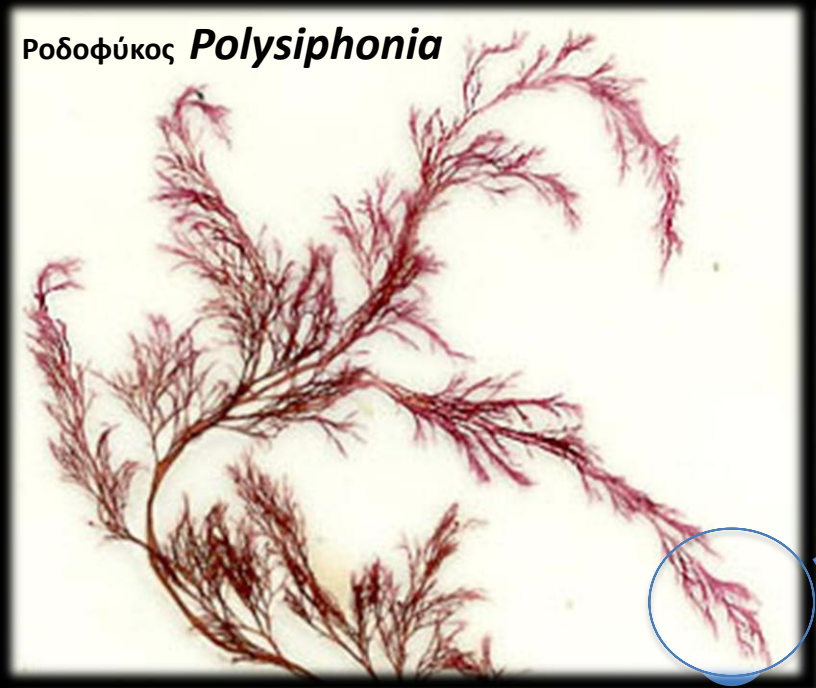
Στα νηματοειδή κυανοβακτήρια ορισμένα βλαστητικά κύτταρα του νήματος **μεγεθύνονται επιμηκυνόμενα**, με **πάχυνση του κυτταρικού τους τοιχώματος**, **αποθήκευση πολλών θρεπτικών ουσιών** στο κυτταρόπλασμα και μετατρέπονται έτσι σε ιδιόμορφα **σπόρια** που μπορούν **αδρανοποιώντας** το μεταβολισμό τους να μεταπέσουν σε **ληθαργική** κατάσταση. Αυτά τα κύτταρα ονομάζονται **ακινήτες**.

Οι ακινήτες μπορούν να επιζήσουν του θανάτου του υπόλοιπου κυανοβακτηριακού νηματίου και να παραμείνουν θαμμένοι στα ιζήματα μέχρι οι συνθήκες να ξαναγίνουν ευνοϊκές και ενεργοποιούμενοι «βλασταίνουν» σε νέο οργανισμό, δηλαδή σε ένα κανονικό βλαστητικό κύτταρο που με διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις θα ξανασχηματίσει νέο κυανοβακτηριακό νημάτιο. Πρόκειται για μια **προσαρμογή σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες**.

Αναπαραγωγή των φυκών – Σποριογένεση - Τετρασπόρια

Ροδοφύκη- Florideophyceae - *Polysiphonia*

Ορισμένα μακροφύκη των **ροδοφύτων** κατά την ιδιόμορφη **εγγενή** αναπαραγωγή τους παράγουν ένα ειδικό τύπο **απλανοσπορίων** (σπόρια χωρίς μαστίγια), τα **τετρασπόρια**, μέσα σε ειδικά κύτταρα τα **τετρασποράγγεια** (2, 3). Ο διπλοειδής **πυρήνας** ενός τετρασποριαγγείου με **μείωση** παράγει 4 **απλοειδείς πυρήνες**.

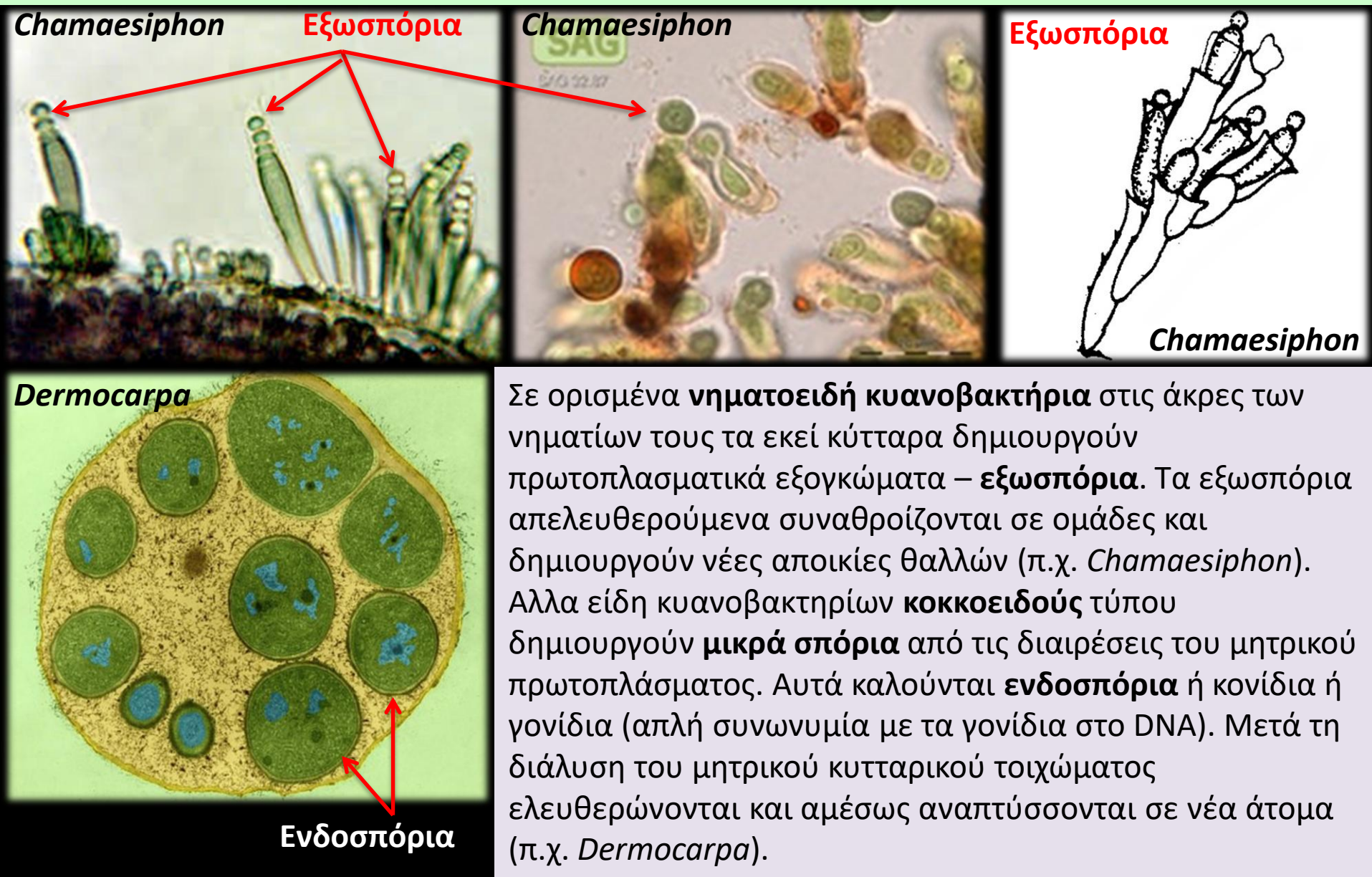


Οι 4 απλοειδείς πυρήνες μοιράζονται το πρωτόπλασμα του μητρικού κυττάρου και αναπτύσσονται σε 4 **τετρασπόρια**.

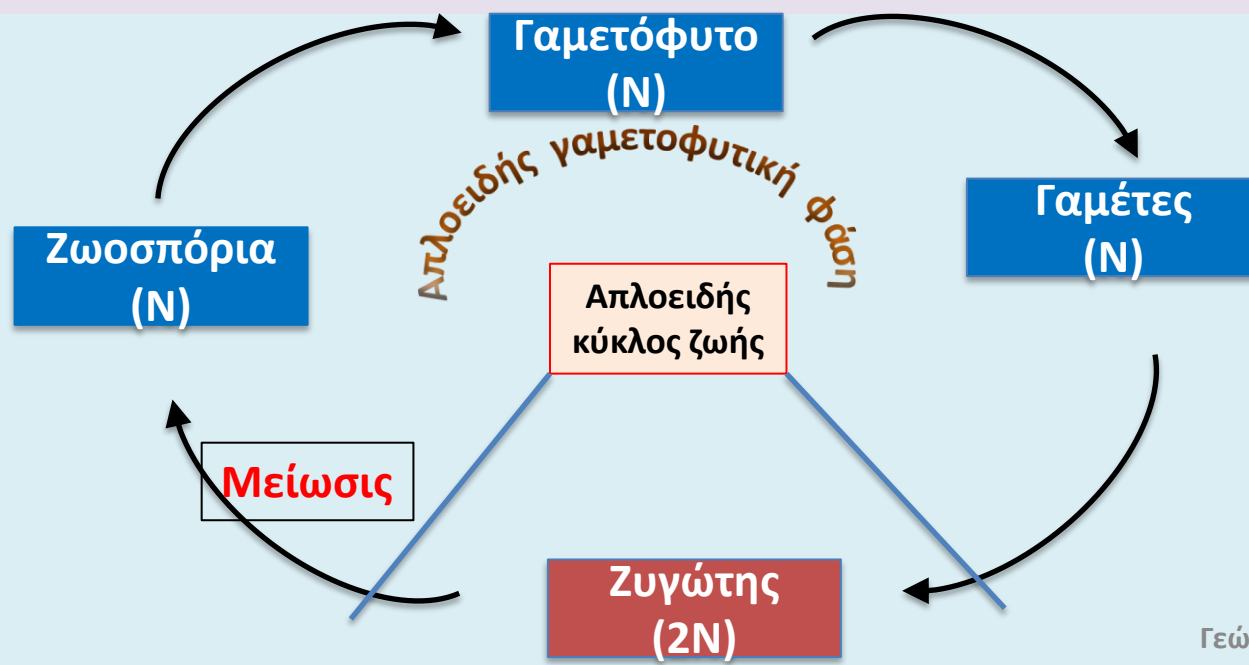
Απελευθερούμενα τα τετρασπόρια «βλαστάνουν» σε **απλοειδή αρσενικά** και **θηλυκά γαμετόφυτα**.

Αγενής αναπαραγωγή των φυκών – Σποριογένεση – εξωσπόρια & ενδοσπόρια στα **κυανοβακτήρια**

21



- ❑ Ο πλέον κοινός τύπος κύκλου ζωής στα ευκαρυωτικά φύκη
- ❑ Δύο φάσεις κύκλου ζωής
- ❑ Δεσπόζουσα φάση αυτή του **απλοειδούς (N) γαμετόφυτου**
- ❑ Το κάθε γαμετόφυτο χαρακτηρίζεται είτε ως **+τύπος** (οιωνεί θηλυκό), είτε ως **-τύπος** (αρσενικό) και παράγει τον ανάλογο τύπο **γαμέτη (N)** που ελευθερώνεται στο νερό
- ❑ Οι γαμέτες συντήκονται και δημιουργούν τον **διπλοειδή (2N) ζυγώτη**
- ❑ Μόνο ο διπλοειδής (2N) ζυγώτης αποτελεί τη **σύντομη σποριοφυτική φάση**
- ❑ Αμέσως ο ζυγώτης με **μείωση** (τη λεγόμενη **ζυγωτική μείωση**) παράγει **απλοειδή ζωοσπόρια**
- ❑ Τα ζωοσπόρια «βλαστάνουν» και με **μιτώσεις** παράγουν **απλοειδή γαμετόφυτα**
- ❑ Τα γαμετόφυτα με **μιτώσεις** παράγουν γαμέτες, κ.ο.κ.
- ❑ Ο απλοειδής τύπος κύκλου ζωής αποτελεί τον απλούστερο και πλέον πρωτόγονο τύπο και οι άλλοι τύποι προέκυψαν εξελικτικώς από αυτόν.
- ❑ Παραδείγματα: Τα περισσότερα χλωρόφυτα π.χ. *Chlamydomonas*, *Ulothrix*

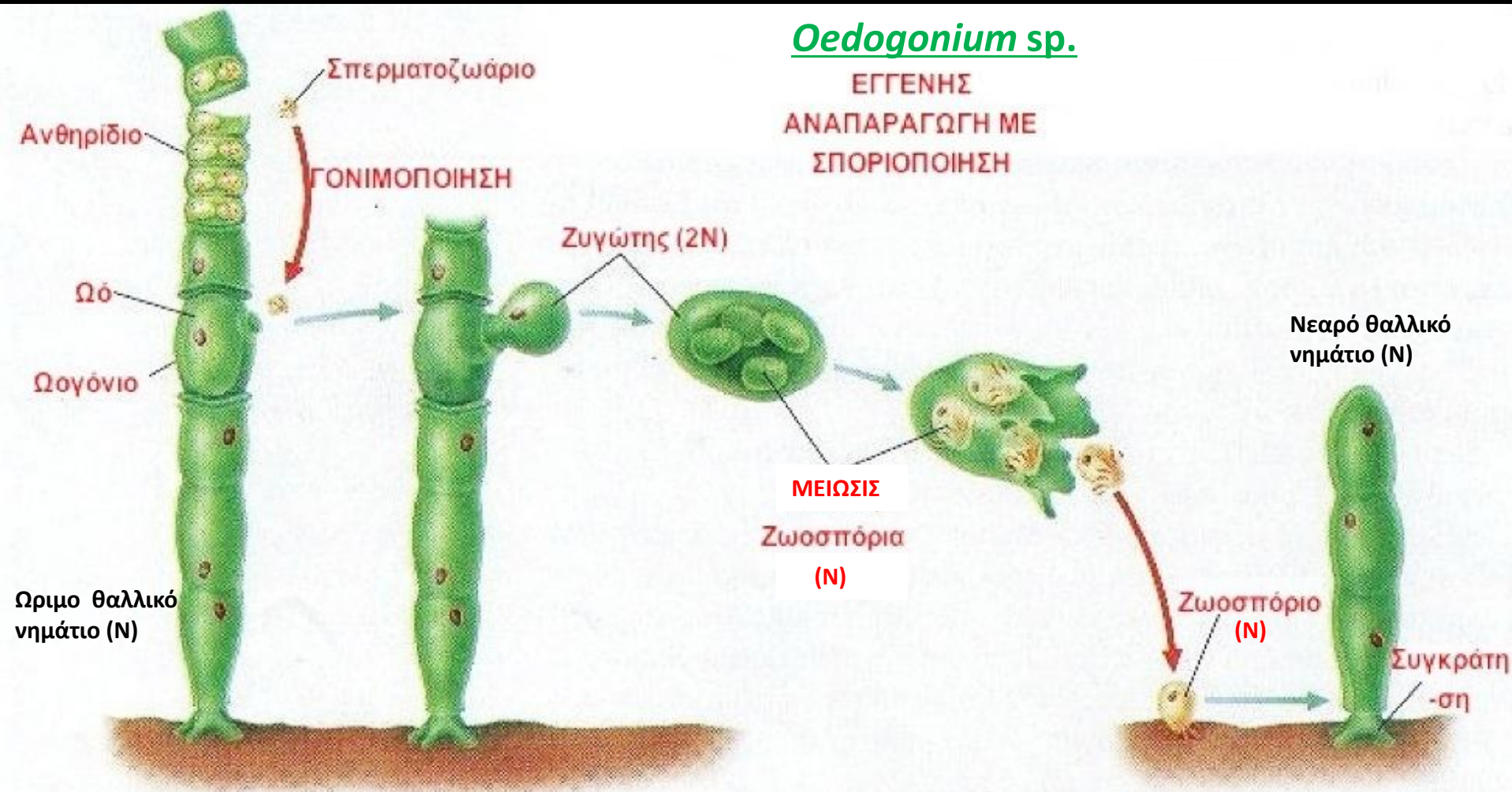


Αναπαραγωγή των φυκών

Απλοειδής κύκλος ζωής

Εγγενής – γαμέτες-ζυγώτης-ζυγωτική μείωση-ζωοσπόρια-μόνο γαμετόφυτο (N)

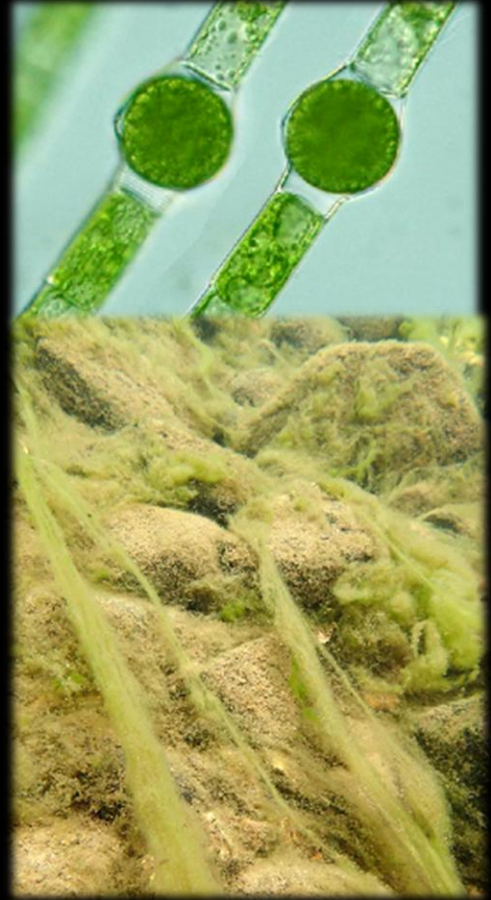
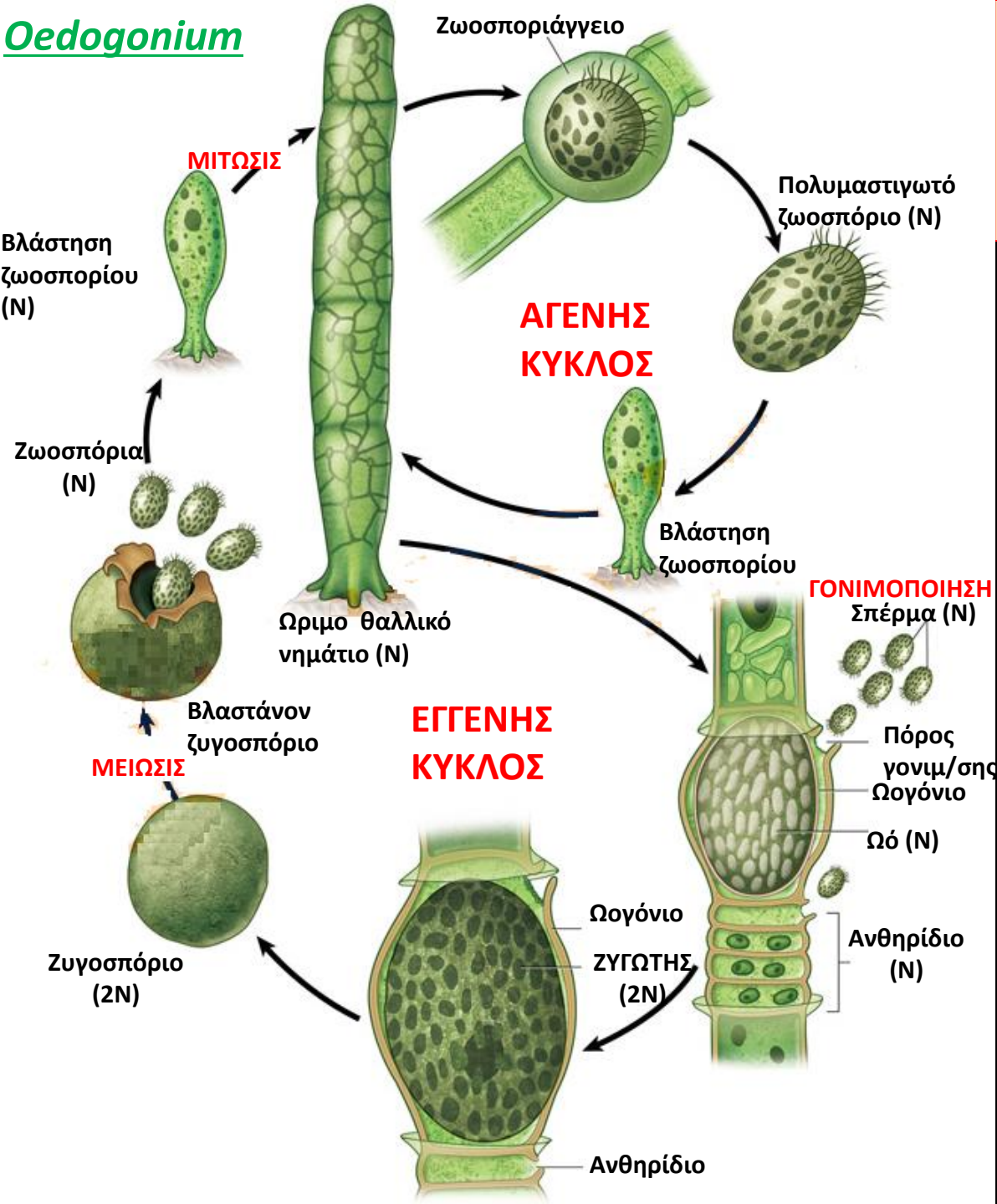
Μακροφύκη νηματοειδή (Χλωροφύκος *Oedogonium*) – μόνο ζυγωτική μείωση



Oedogonium

Αναπαραγωγή των φυκών
Απλοειδής κύκλος ζωής
Εγγενής – γαμέτες-ζυγώτης-
ζυγωτική μείωση-ζωοσπóρια-
μόνο γαμετόφυτο (N)

Μακροφύκη νηματοειδή
(Χλωροφύκος- *Oedogonium*) –
μόνο ζυγωτική μείωση





Το γένος *Ulothrix* (ετυμολογία από τα Ελληνικά: ούλο και θριγξ (τρίχα), περιλαμβάνει περί τα 30 είδη κυρίως των **γλυκών νερών**. Προτιμούν τα **ψυχρά** νερά και αναπτύσσονται ως **λιθοφυτικά**. Το καλοκαίρι εξαφανίζονται.

Χαρακτηρίζονται από επιμήκη, **νηματοειδή** και **αδιακλάδωτο** θαλλό με μονή σειρά κυττάρων, πράσινου, κιτρινοπράσινου χρώματος με το κάθε νημάτιο να στερεώνεται σε λίθο με το ένα άκρο του.

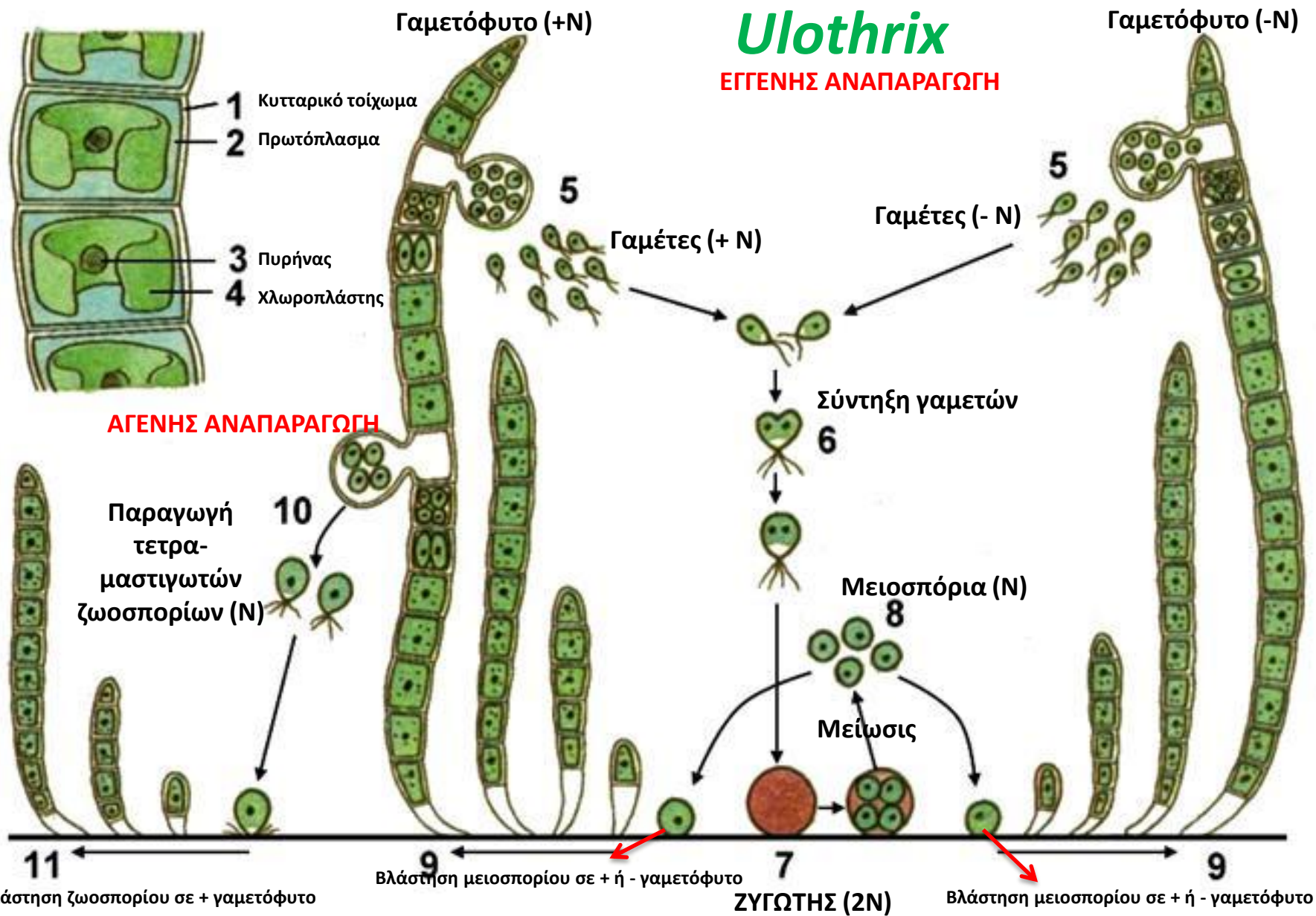
Όλα τα κύτταρα του νηματίου εκτός των της βάσης προσκόλλησης (αφού σχηματισθεί) είναι ικανά για κυτταρική διαίρεση. Διαθέτουν κυτταρικό τοίχωμα με εσωτερική στρώση κυτταρίνης και εξωτερική πηκτίνης.

Κάθε κύτταρο διαθέτει από **ένα μεγάλο χλωροπλάστη** με ένα ή περισσότερα **πυρηνοειδή** ανάλογα με το είδος.

Αναπαράγεται με όλους τους δυνατούς τρόπους δηλαδή **βλαστητικώς, αγενώς και εγγενώς**. Η βλαστητική αναπαραγωγή γίνεται με **κατατμήσεις** του θαλλού. Η **αγενής** αναπαραγωγή γίνεται το χειμώνα με απελευθερούμενα **ζωοσπόρια** τετρα- ή δι-μαστιγωτά, απλανοσπόρια, υπνοσπόρια, ακινήτες ή παλμελλοειδή. Η **εγγενής** αναπαραγωγή γίνεται με **σύζευξη (σύντηξη) δι-μαστιγωτών ισογαμετών**.



Αναπαραγωγή των φυκών - Αγενής με σποριοποίηση → γαμετόφυτο (N)
& εγγενής με ζυγωτική μείωση → γαμετόφυτο (N)
Μακροφύκη νηματοιειδή (Χλωροφύκος-*Ulothrix*)



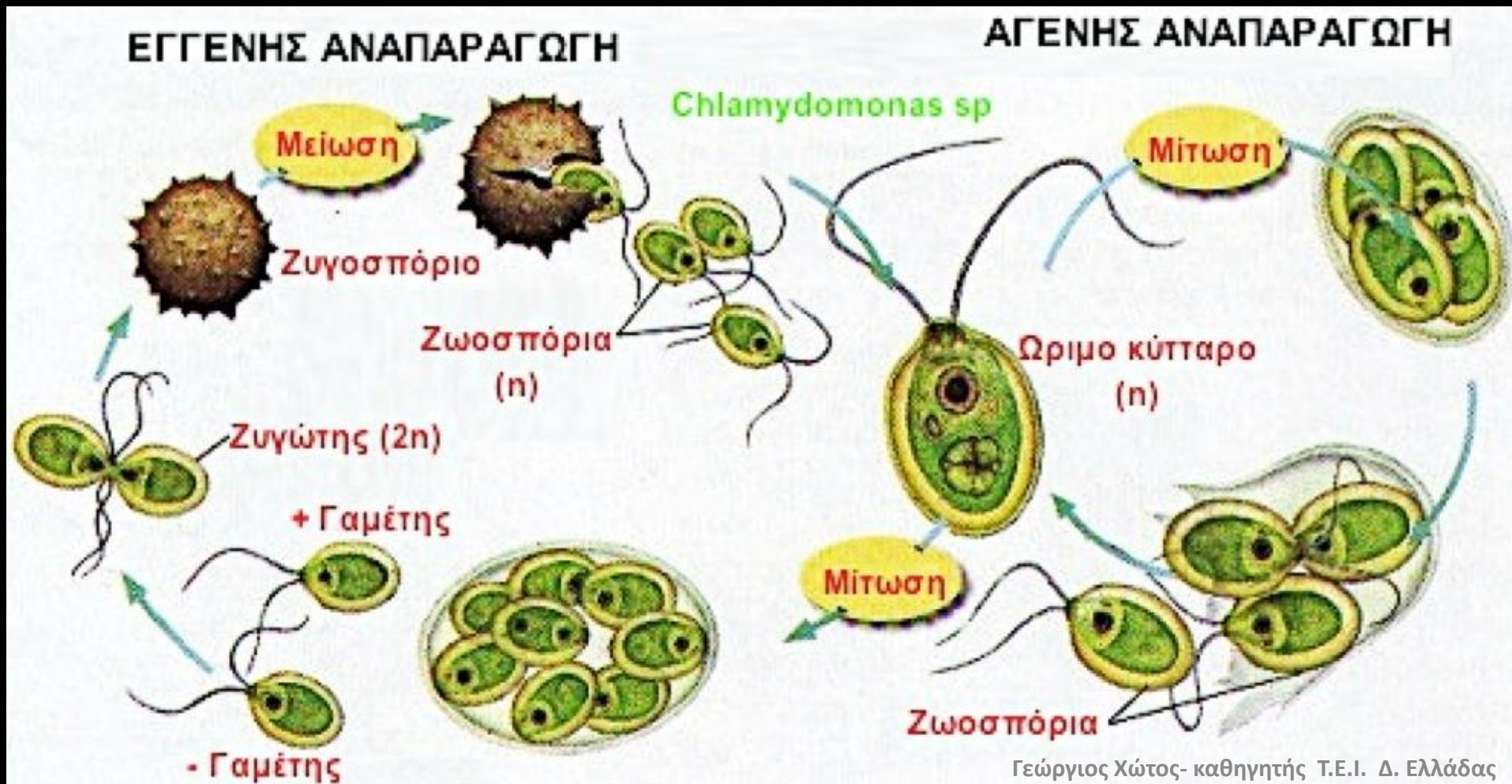
Αναπαραγωγή των φυκών

Απλοειδής κύκλος ζωής

Εγγενής – γαμέτες-ζυγώτης-ζυγωτική μείωση-ζωοσπόρια-μόνο γαμετόφυτο & αγενής με σποριοποίηση $\rightarrow$ ζωοσπόρια (N) $\rightarrow$ γαμετόφυτο(N)

Μικροφύκη

Μονοκύτταρα – πλαγκτονικά – μονήρη (χλωροφύκος: *Chlamydomonas*)



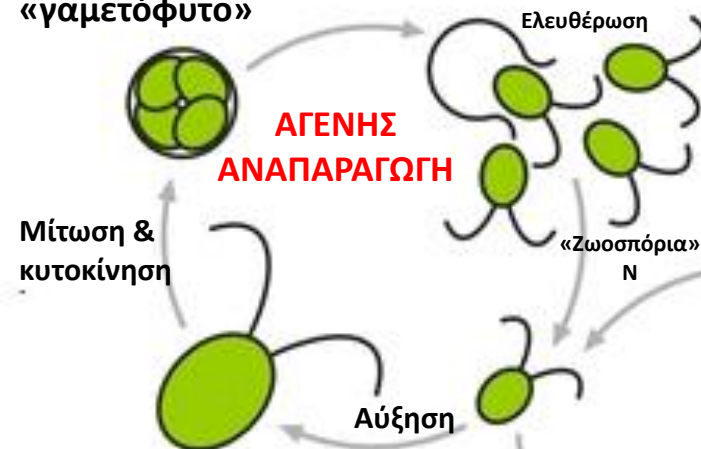
Αναπαραγωγή των φυκών Απλοειδής κύκλος ζωής

Εγγενής-γαμέτες-ζυγώτης (2N)-ζυγωτική μείωση- «ζωοσπóρια» (N)- «γαμετόφυτο» (N)
& αγενής με σποριοποίηση $\rightarrow$ «ζωοσπóρια» (N) $\rightarrow$ «γαμετόφυτο»(N)

Γεώργιος Χώτος- καθηγητής Τ.Ε.Ι. Δ. Ελλάδας

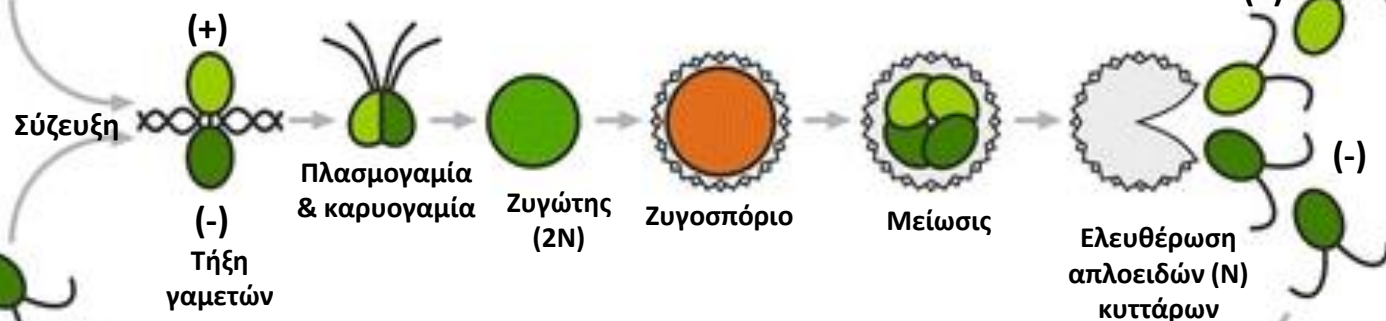
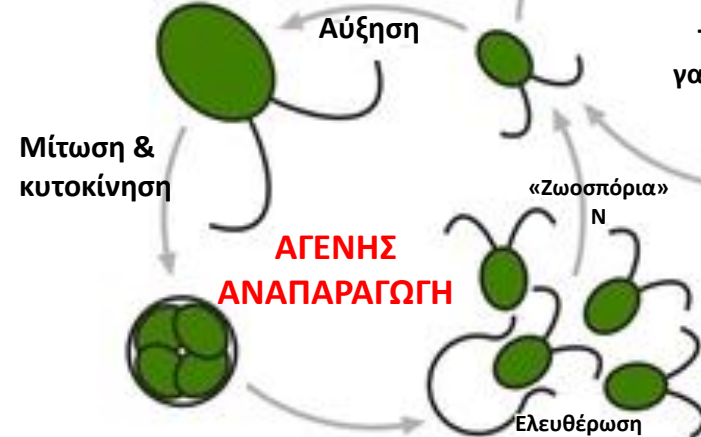
Αγενής αναπαραγωγή στο τύπου (+)
«γαμετόφυτο»

Μικροφύκη -Μονοκύτταρα – πλαγκτονικά – μονήρη (χλωροφύκος: *Chlamydomonas*). Όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες γίνουν δυσμενείς (π.χ. έλλειψη αζώτου-N) τότε προκαλείται η εγγενής αναπαραγωγή. Ο σχηματισθείς ζυγώτης περνά μια μακρά λανθάνουσα φάση ωρίμανσης, συσσωρεύει θρεπτικά (φωτοσυνθέτοντας), σχηματίζει παχύ κυτταρικό τοίχωμα και σε ορισμένα είδη *Chlamydomonas* αποκτά κόκκινο χρώμα λόγω συσσώρευσης της χρωστικής «αιματοχρώμα».

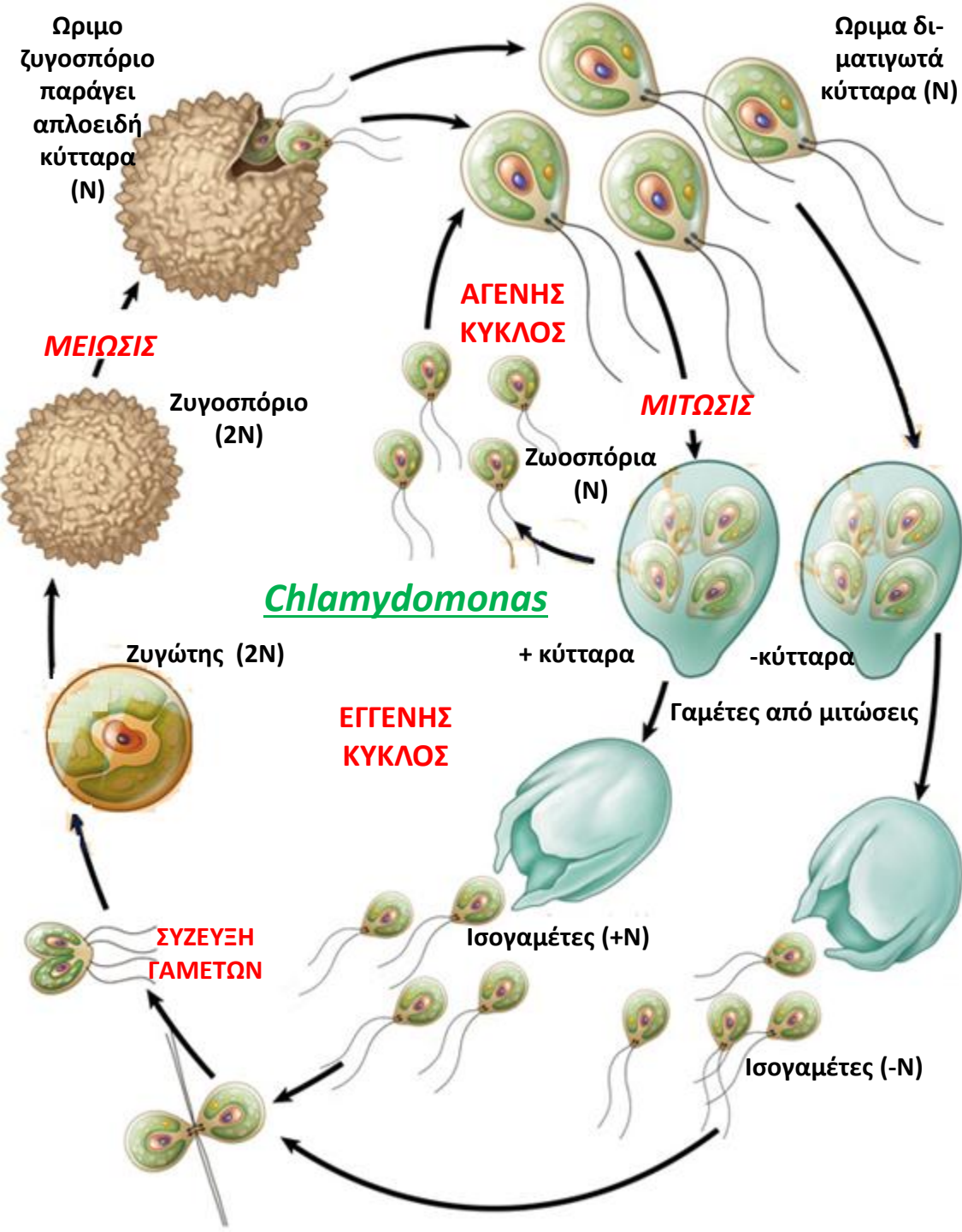


ΕΓΓΕΝΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Αγενής αναπαραγωγή στο
τύπου (-) «γαμετόφυτο»



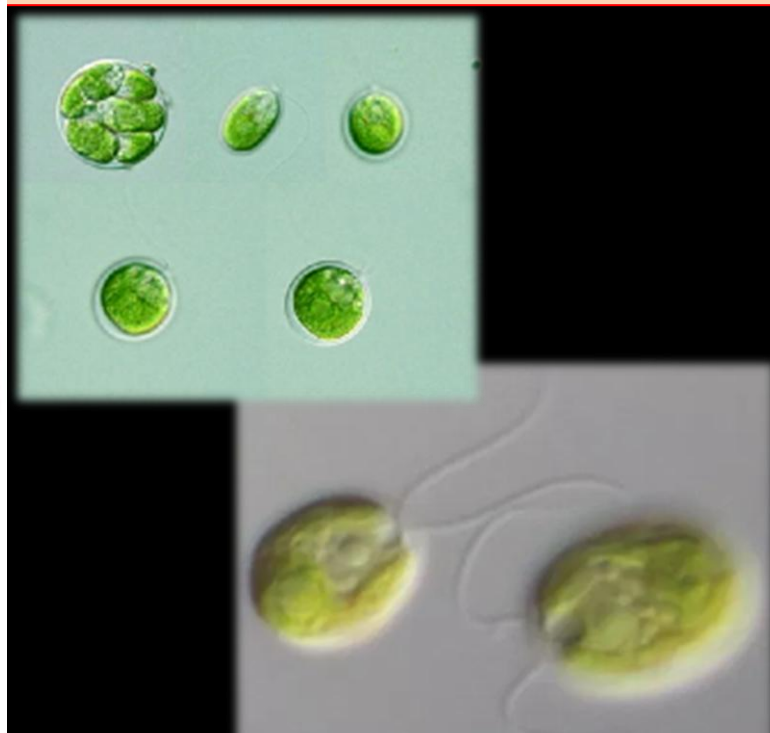
Μετά από τη φάση διάπαυσης ο ζυγώτης που είχε διαμορφωθεί σε ανθεκτικό ζυγοσπόριο και εφόσον οι περιβαλλοντικές συνθήκες γίνουν ευνοϊκές, με μειωτική διαίρεση παράγει 4 απλοειδή κύτταρα, το παχύ κυτταρικό τοίχωμα του ζυγοσπορίου ανοίγει και τα κύτταρα ελευθερώνονται και κατόπιν με αύξηση γίνονται κανονικού μεγέθους.



Αναπαραγωγή των φυκών
Απλοειδής κύκλος ζωής
 Εγγενής – γαμέτες-ζυγώτης-
 ζυγωτική μείωση-ζωοσπόρια-
 μόνο γαμετόφυτο
 &

αγενής με σποριοποίηση →
 ζωοσπόρια (N) → γαμετόφυτο (N)

(Χλωροφύκος-*Chlamydomonas*)



SpirogyraΕκβλάστηση
(N)Απλοειδής νηματοειδής
θαλλός (N)

Σωλήνας σύζευξης

Σπόριο (N)

3 από 4 πυρήνες
εκφυλίζονται

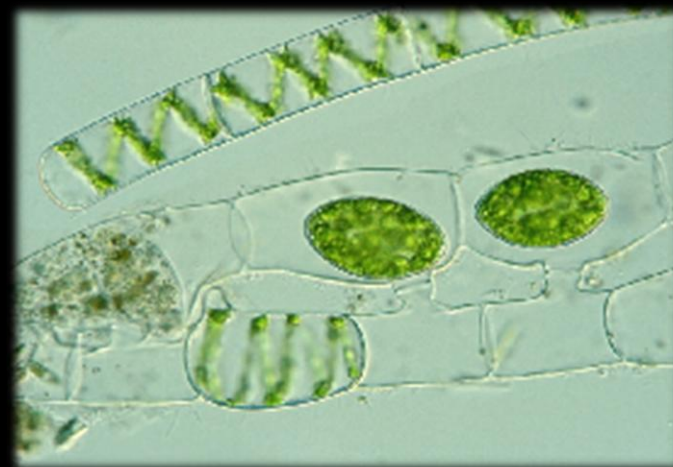
Πυρήνας ζυγώτη (2N)

Σωλήνας σύζευξης

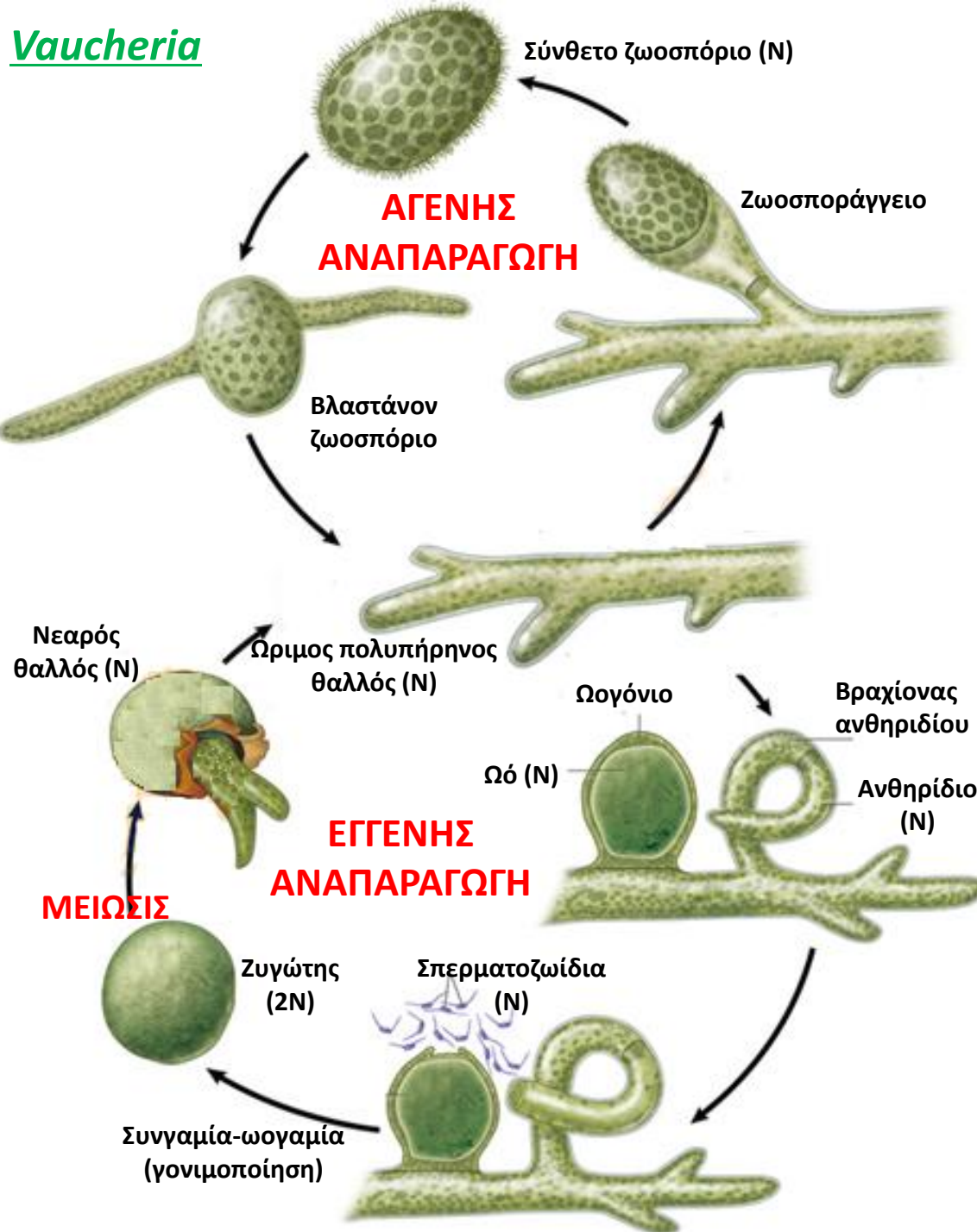
ΜΕΙΩΣΙΣΜη συζευχθέν
κύτταροΑδειο κύτταρο
από το ζεύγος
σύζευξης**Διαδικασία
σύζευξης**

Αναπαραγωγή των φυκών

Απλοειδής κύκλος ζωής

Εγγενής-γαμεταγγειογαμία-ζυγώτης-
ζυγωτική μείωση-απλανοσπορία-μόνο
γαμετόφυτοΜικροφύκη νηματοειδή
(Χλωροφύκος-Spirogyra)**Spirogyra**

Αναπαραγωγή των φυκών
Απλοειδής κύκλος ζωής
Εγγενής-γαμέτες-ωογαμία-
ζυγώτης-ζυγωτική μείωση-μόνο
γαμετόφυτο (N)
Μακροφύκη νηματοειδή
(Ξανθοφύκος *Vaucheria*)



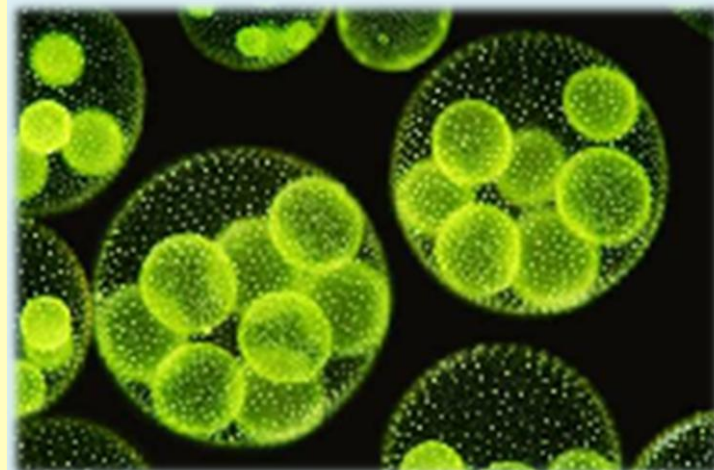
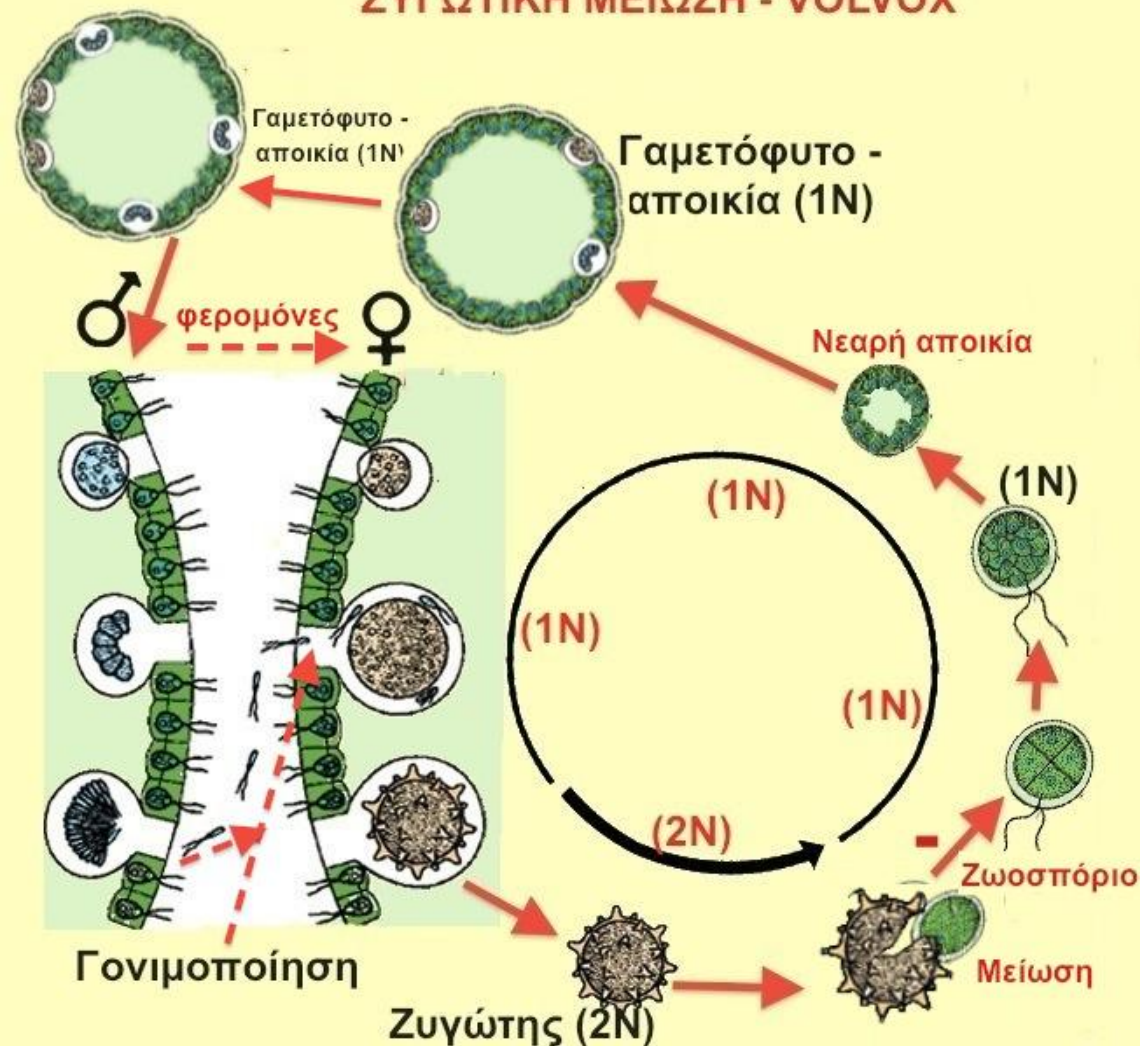
Αναπαραγωγή των φυκών

Απλοειδής κύκλος ζωής

Εγγενής – γαμέτες-ζυγώτης-ζυγωτική μείωση-ζωοσπóρια-μόνο γαμετόφυτο (N)

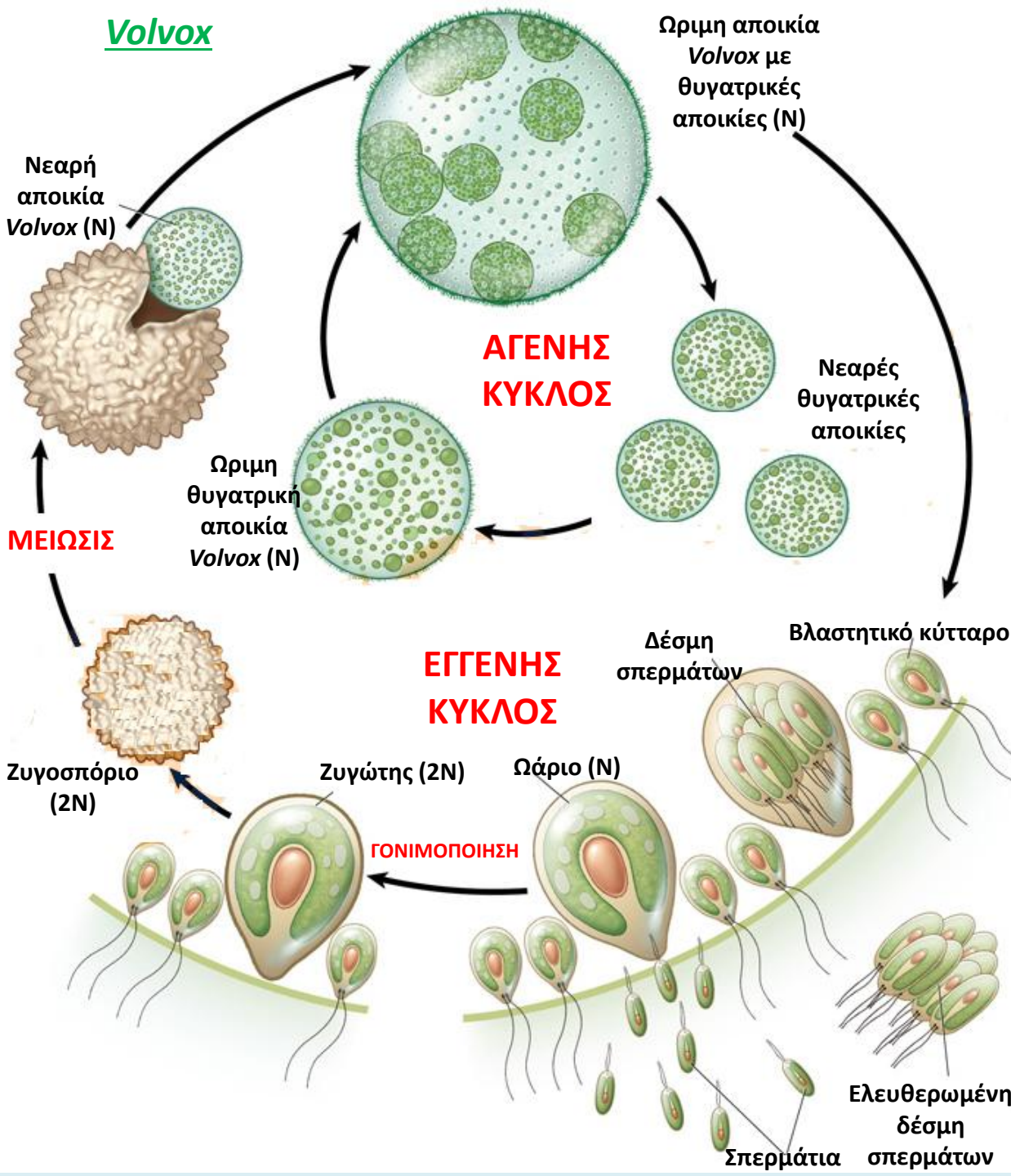
Μικροφύκη – αποικιακά πλαγκτονικά (Χλωροφύκος *Volvox*)

ΖΥΓΩΤΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ - VOLVOX



Σημείωση: Η απλοειδής γαμετοφυτική αποικία που προκύπτει από το ζωοσπóριο είναι εγγενώς αρσενική αλλά εν δυνάμει μετατρέψιμη και σε θηλυκή (υπό την έννοια να μπορεί να παράγει ωάρια). Φαίνεται ότι κάποιος τύπος φερομόνης εκκρινόμενη από αυτή επηρεάζει κάποια γειτονική της αδιαφοροποίητη ακόμα αποικία και την ερεθίζει να γίνει θηλυκή. Δηλαδή το *Volvox* αν και είναι αποικιακού τύπου ως προς την οργάνωση, ομοιάζει με τους δίοικους θαλλούς των μακροφύτων στους οποίους τα αναπαραγωγικά όργανα βρίσκονται σε ξεχωριστούς θαλλούς. (Μόνοικα είναι τα είδη όπου τα αναπαραγωγικά όργανα βρίσκονται στον ίδιο θαλλό).

Volvox

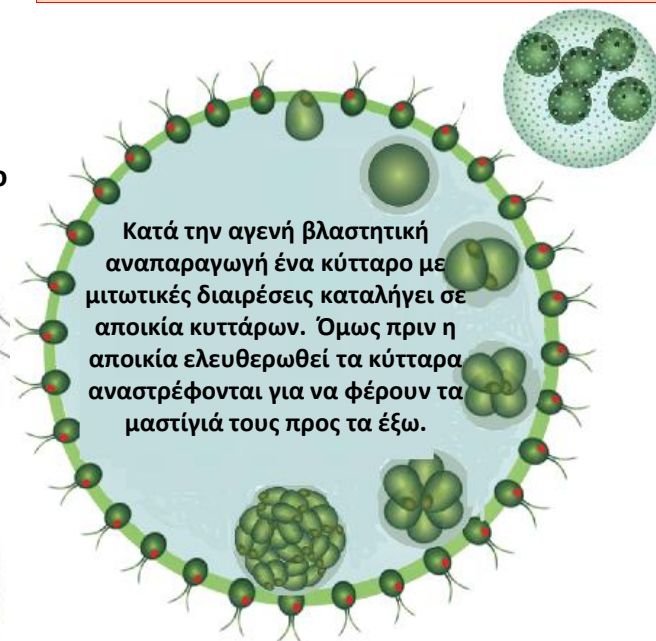


Αναπαραγωγή των φυκών
Απλοειδής κύκλος ζωής
Εγγενής – γαμέτες-ζυγώτης-
ζυγωτική μείωση-ζυγοσπόριο-
μόνο γαμετόφυτο

33

αγενής βλασθητική → μιτώσεις
(N) → αποικίες (N)

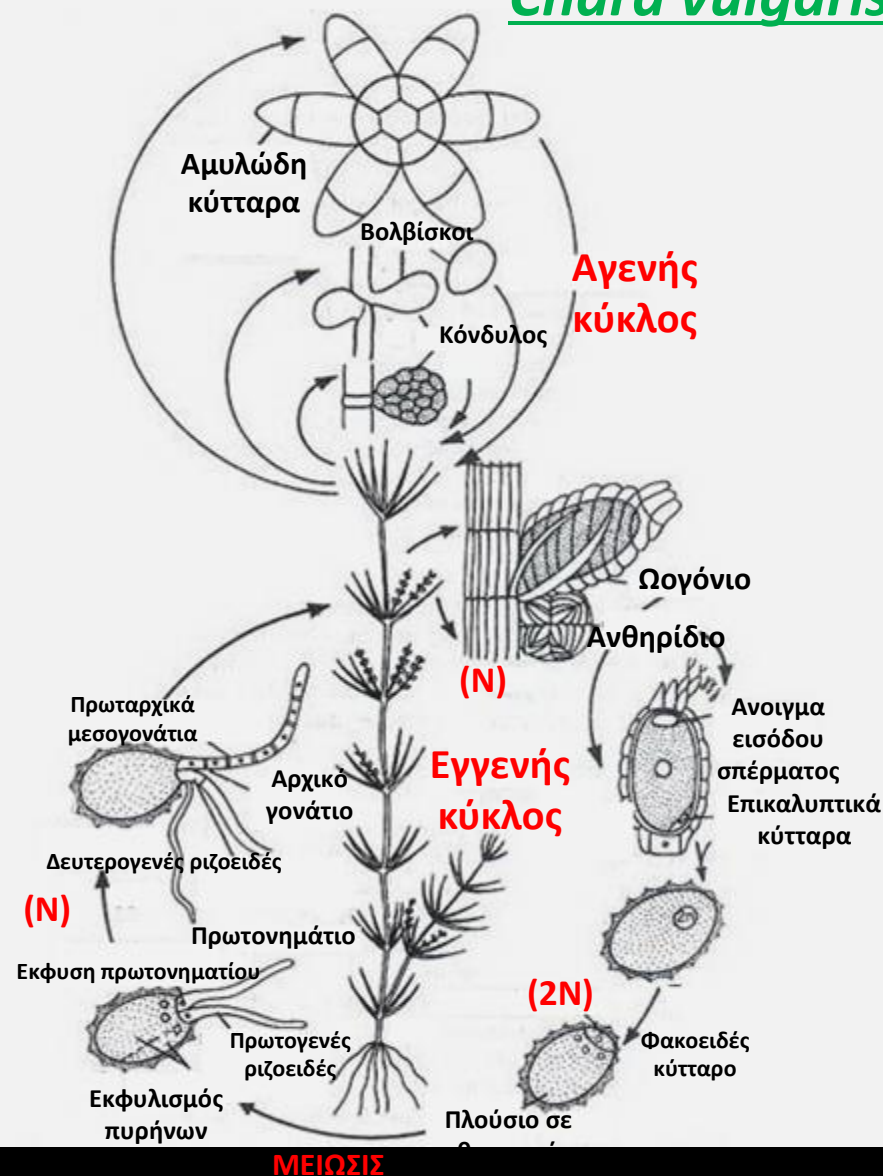
Μακροφύκη πλαγκτονικά
αποικιακά (Χλωροφύκος-Volvox)



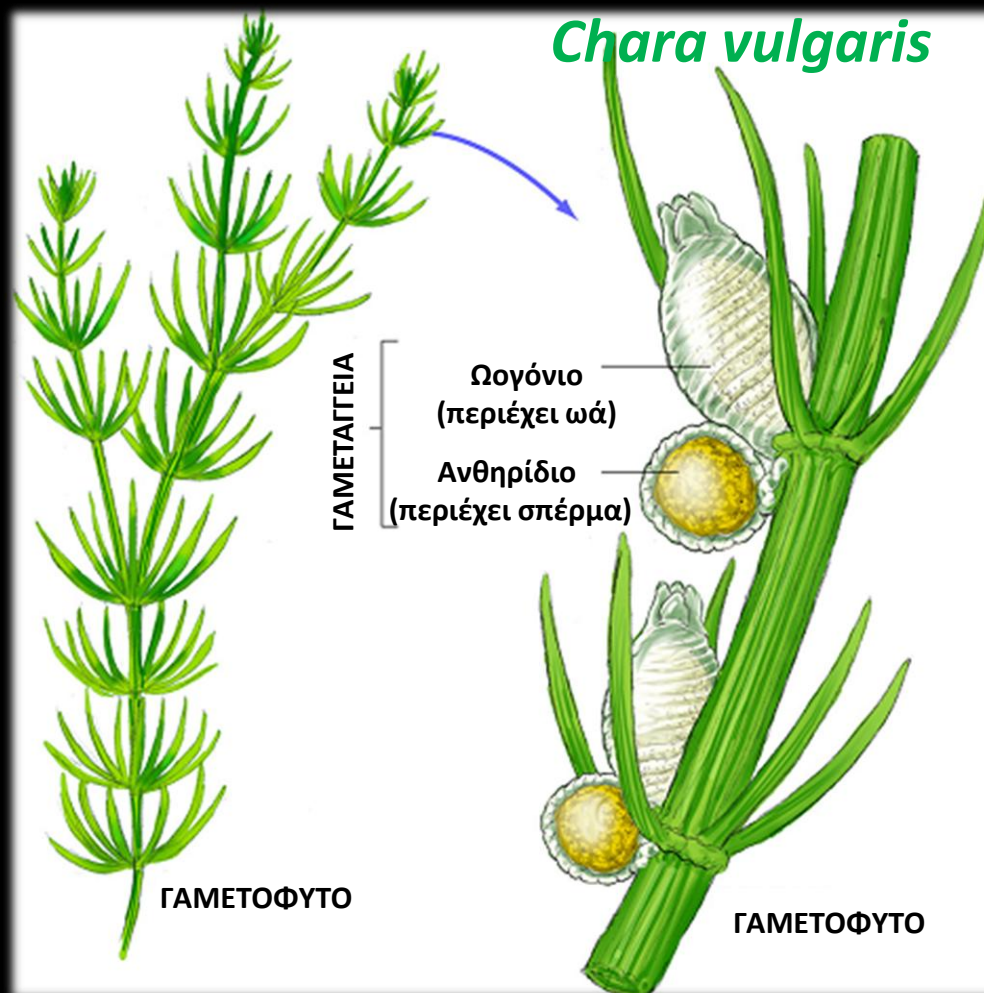
ΑΓΕΝΗΣ ΒΛΑΣΤΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΤΟΥ Volvox

Αναπαραγωγή των φυκών, Απλοειδής κύκλος ζωής
Εγγενής-γαμέτες-ωογαμία-ζυγώτης-ζυγωτική μείωση-μόνο γαμετόφυτο (N)
στο χαροειδές χλωροφύκος *Chara*

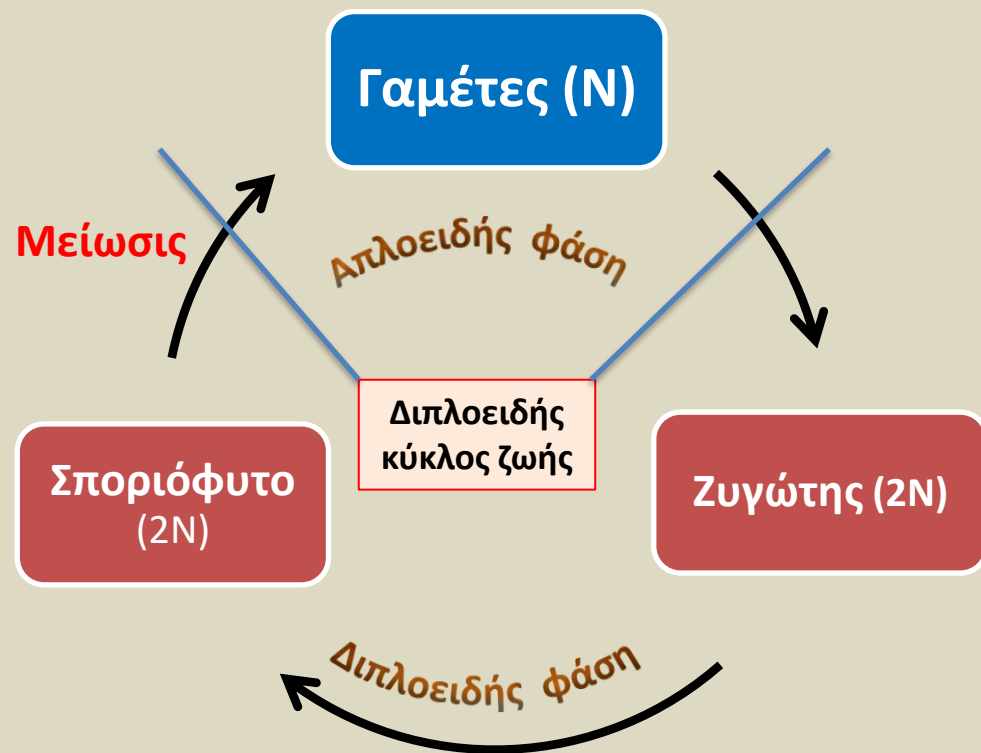
Chara vulgaris



Chara vulgaris

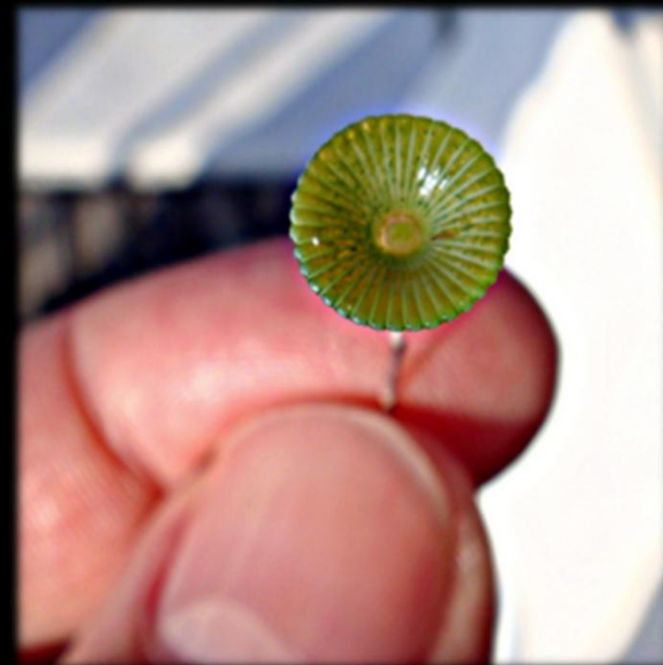
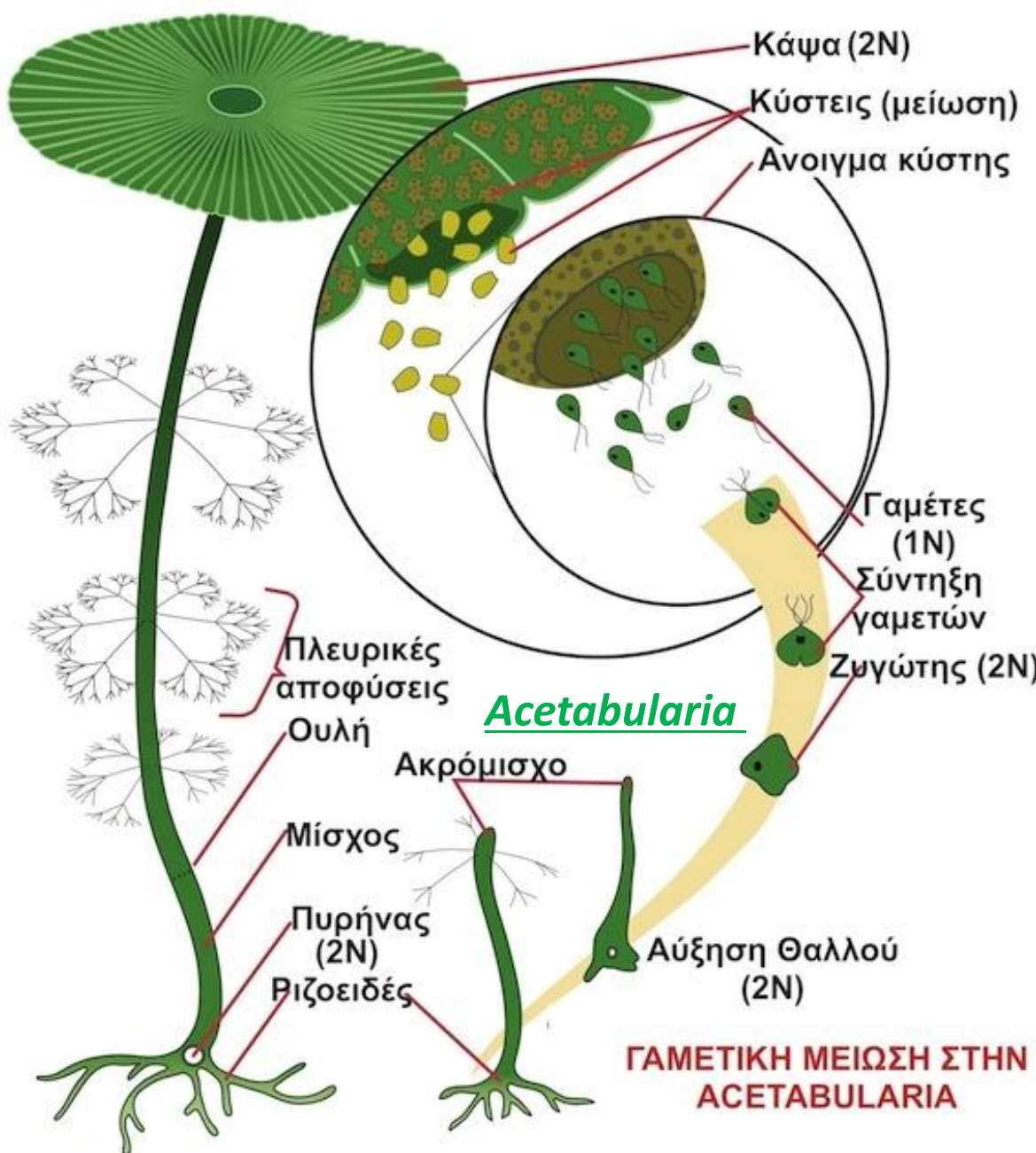


- ☐ Ο διπλοειδής αποτελεί κατά κάποιο τρόπο αντιστροφή του απλοειδούς κύκλου ζωής
- ☐ Δύο φάσεις κύκλου ζωής
- ☐ Δεσπόζουσα φάση αυτή του διπλοειδούς (2N) **σποριόφυτου**
- ☐ Η απλοειδής (N) γαμετοφυτική φάση αντιπροσωπεύεται μόνο από τους γαμέτες, εξ' ου και η εναλλακτική ονομασία του διπλοειδούς κύκλου ως «**γαμετική μείωση**»
- ☐ Οι γαμέτες παράγονται με μείωση στα **γαμετάγγεια** του σποριοφυτικού θαλλού
- ☐ Οι γαμέτες συντήκονται και δημιουργούν τον διπλοειδή (2N) **ζυγώτη**
- ☐ Ο ζυγώτης **αντί για μείωση**, διαιρείται με **μιτώσεις** και αναπτύσσεται σε διπλοειδές (2N) **σποριόφυτο**
- ☐ Παραδείγματα: Πολλά φαιοφύκη π.χ. *Fucus*, *Sargassum*, πολλά χλωροφύκη π.χ. *Codium*, *Bryopsis*, *Acetabularia*

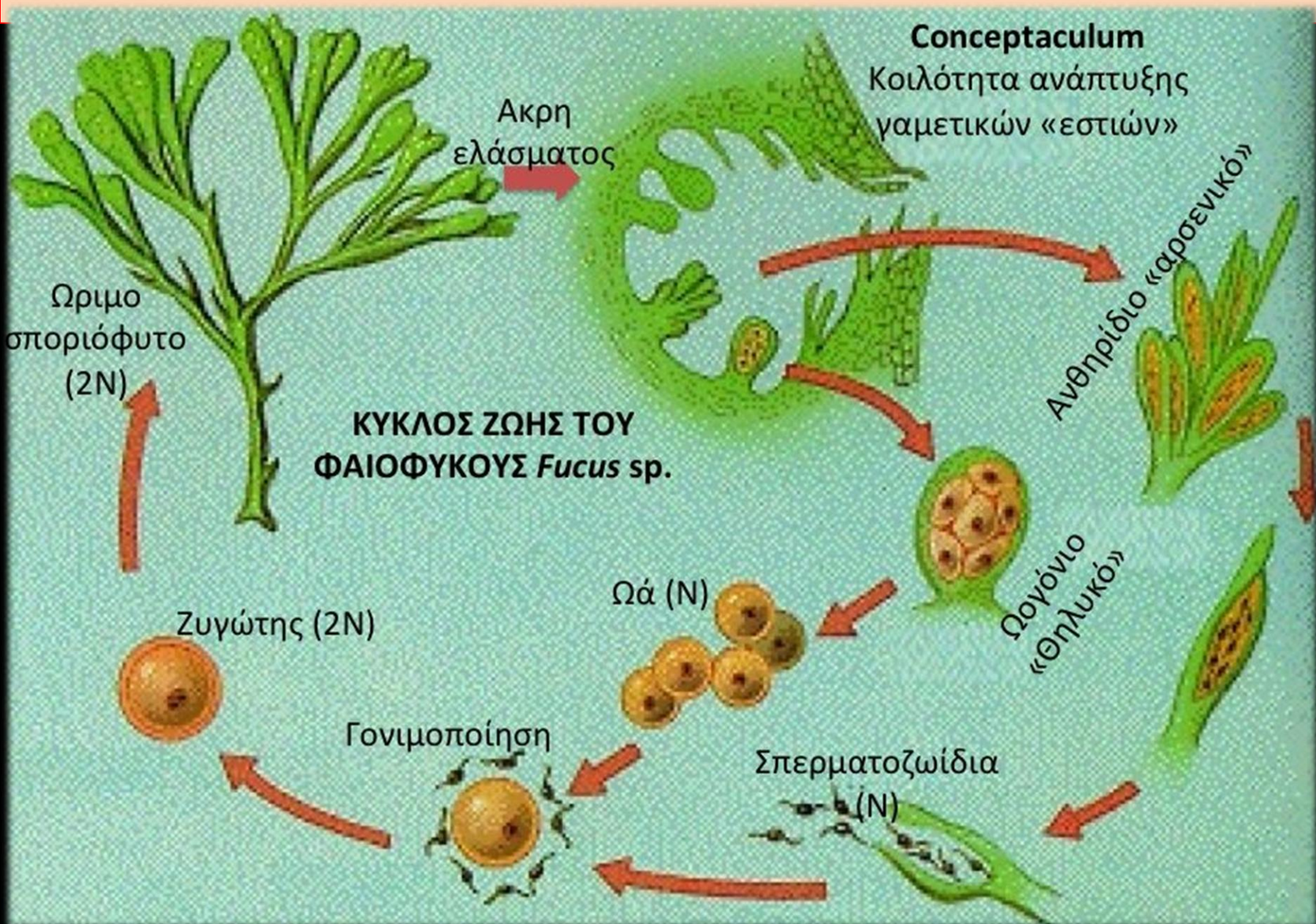


Αναπαραγωγή των φυκών -
Μακροφύκη
Εγγενής – Διπλοειδής κύκλος ζωής
μόνο σποριόφυτο (2N)
– γαμετική μείωση

Περίπτωση του Χλωροφύκου
Acetabularia



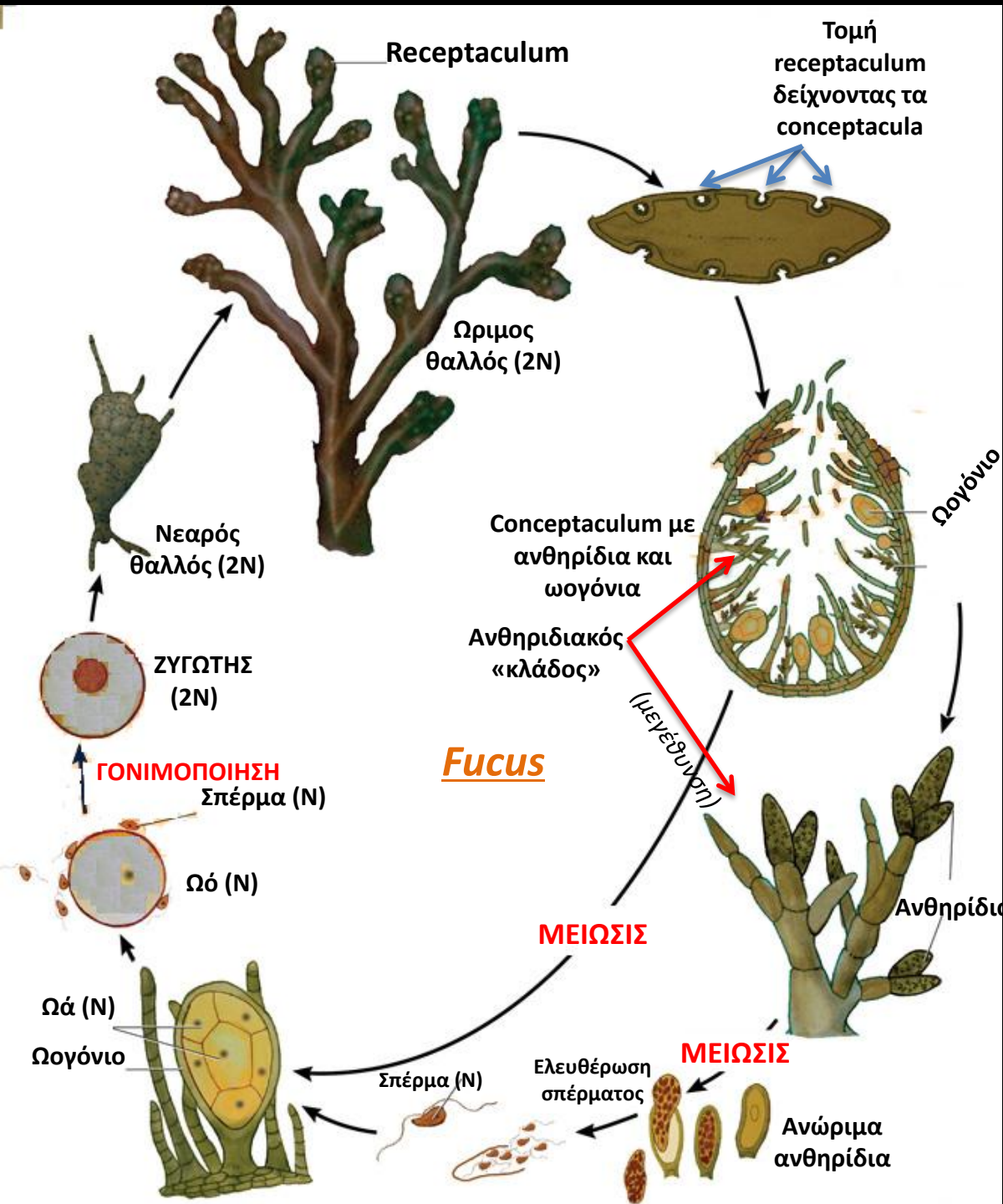
Εγγενής – Διπλοειδής κύκλος ζωής, μόνο σποριόφυτο (2N) - γαμετική μείωση
Μακροφύκη (Φαιοφύκος *Fucus*)



Αναπαραγωγή των φυκών
Εγγενής, Διπλοειδής κύκλος
ζωής– μόνο σποριόφυτο (2N) –
γαμετική μείωση

38

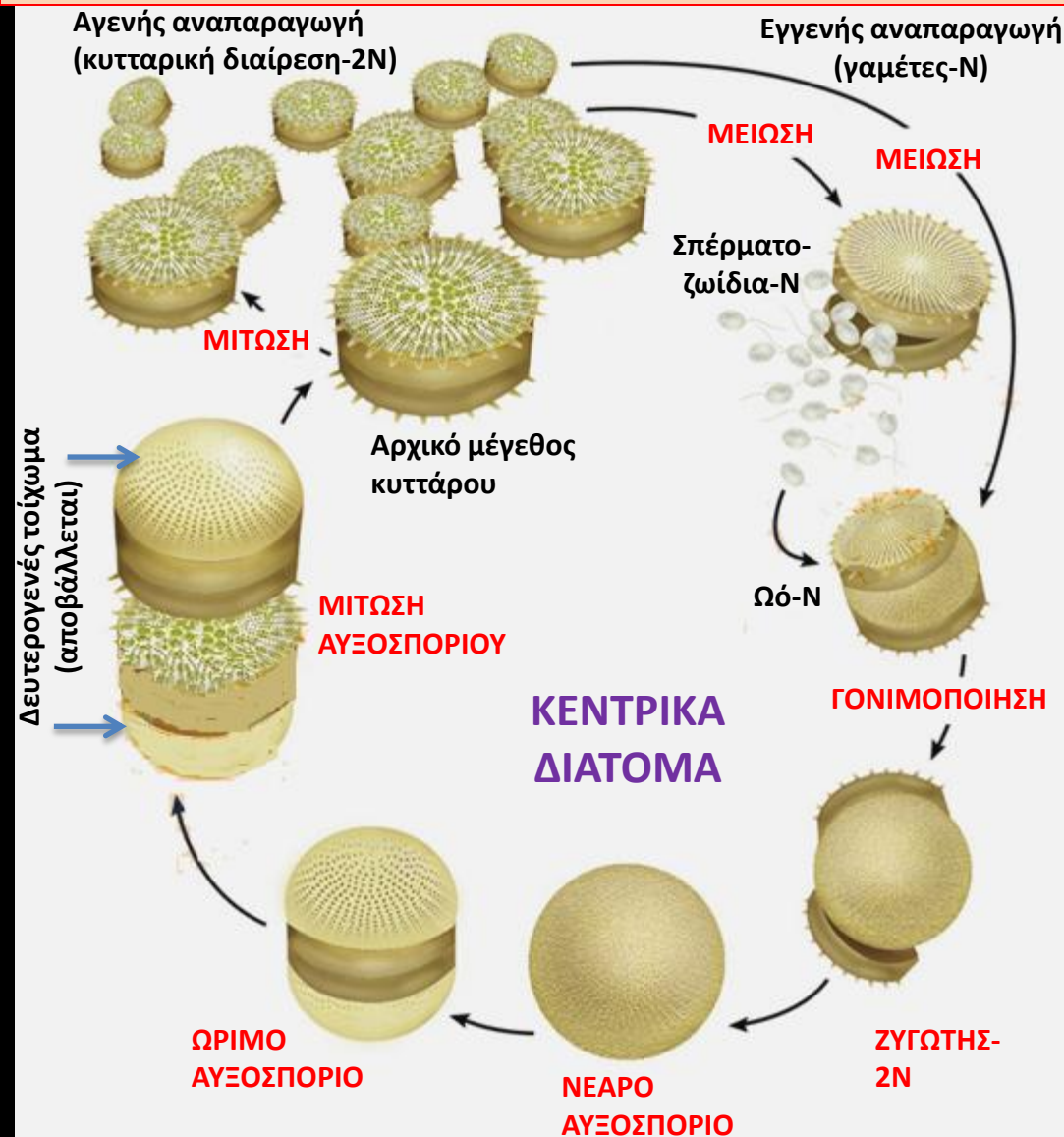
Μακροφύκη (Φαιοφύκος-*Fucus*)



Αναπαραγωγή των φυκών - Μικροφύκη - μονοκύτταρα-πλαγκτονικά-KΕΝΤΡΙΚΑ ΔΙΑΤΟΜΑ

Βλαστητική & εγγενής-[σποριόφυτο-2N-γαμετική μείωση-γαμέτες-ωογαμία-ζυγώτης-αυξοσπόριο (2N)]

39



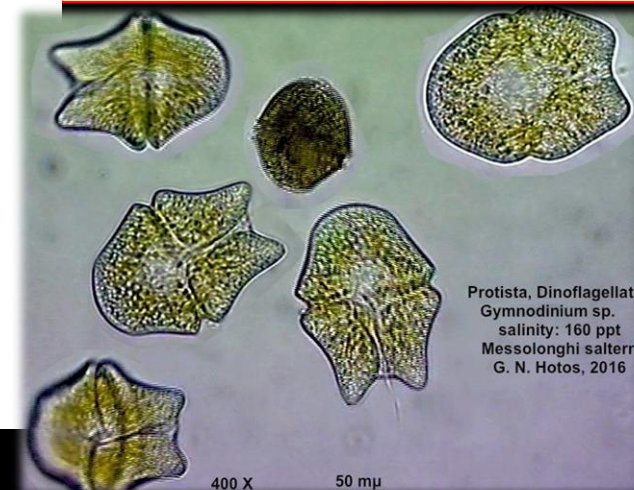
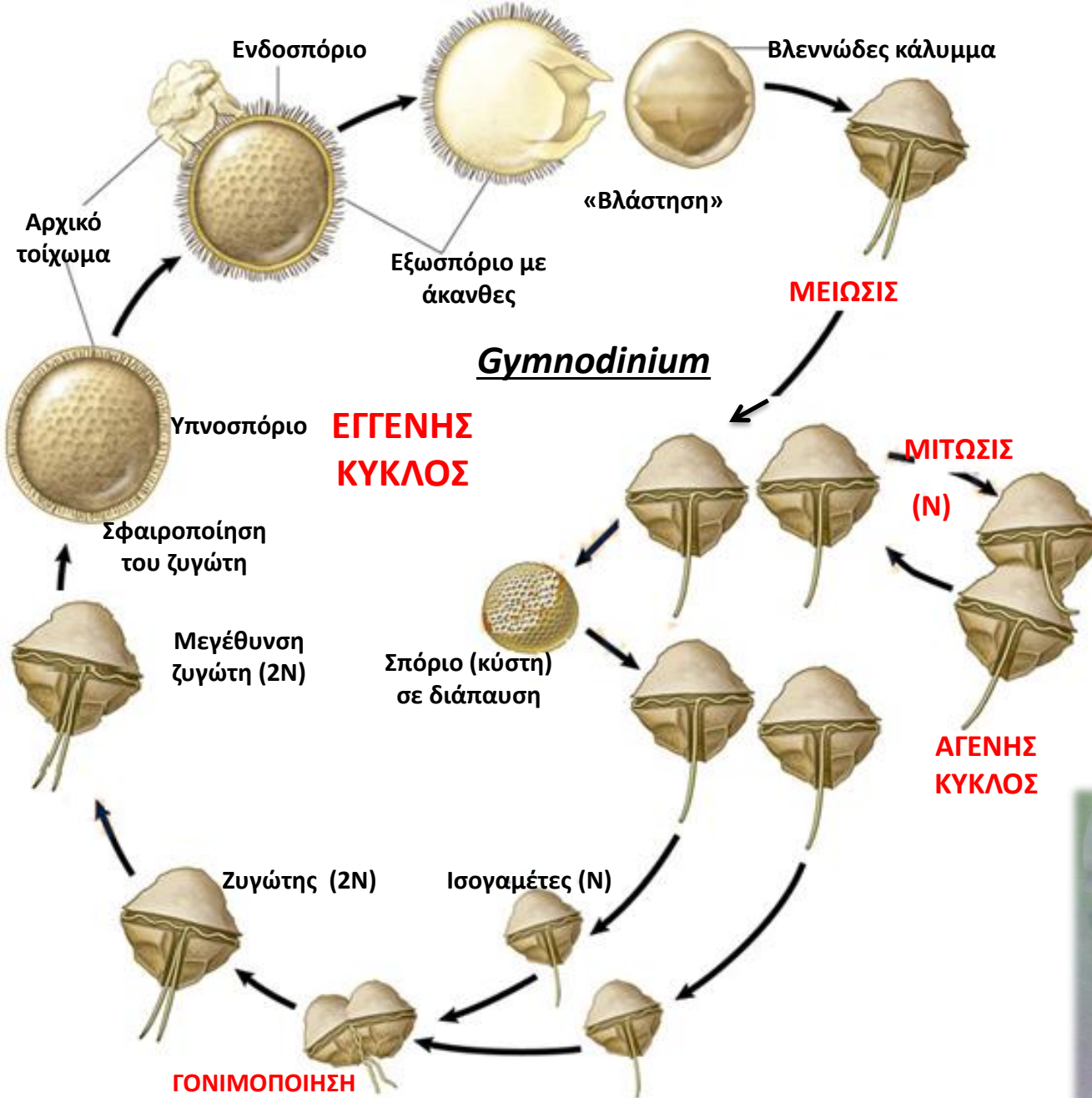
Τα **κεντρικά διάτομα** αναπαράγονται βλαστητικώς με απλές κυτταρικές (μιτωτικές) διαιρέσεις. Με αυτό τον τρόπο όμως τα θυγατρικά κύτταρα σταδιακά μικραίνουν. Όταν καταλήξουν σε ένα ορισμένο ανά είδος **ελάχιστο μέγεθος** ενεργοποιείται η **εγγενής αναπαραγωγή** με μειωτική παραγωγή σε κάποια από αυτά **σπερματοζωιδίων** και σε κάποια **ωού**. Τα σπερματοζωΐδια τα οποία φέρουν **ένα μόνο μαστίγιο** απελευθερώνονται στο νερό και ένα από αυτά γονιμοποιεί το δεκτικό ωό μέσα από τις ανοιγμένες θυρίδες του ωοφόρου κυττάρου (**ωογαμία**). Κατόπιν ο ζυγώτης (2N) μεγαλώνει, αποβάλλει τις θυρίδες και ως **αυξοσπόριο** επανακτά το κανονικό μέγεθος και φτιάχνει τις νέες πυριτικές του θυρίδες.

Αναπαραγωγή των φυκών - Μικροφύκη - μονοκύτταρα- πλαγκτονικά

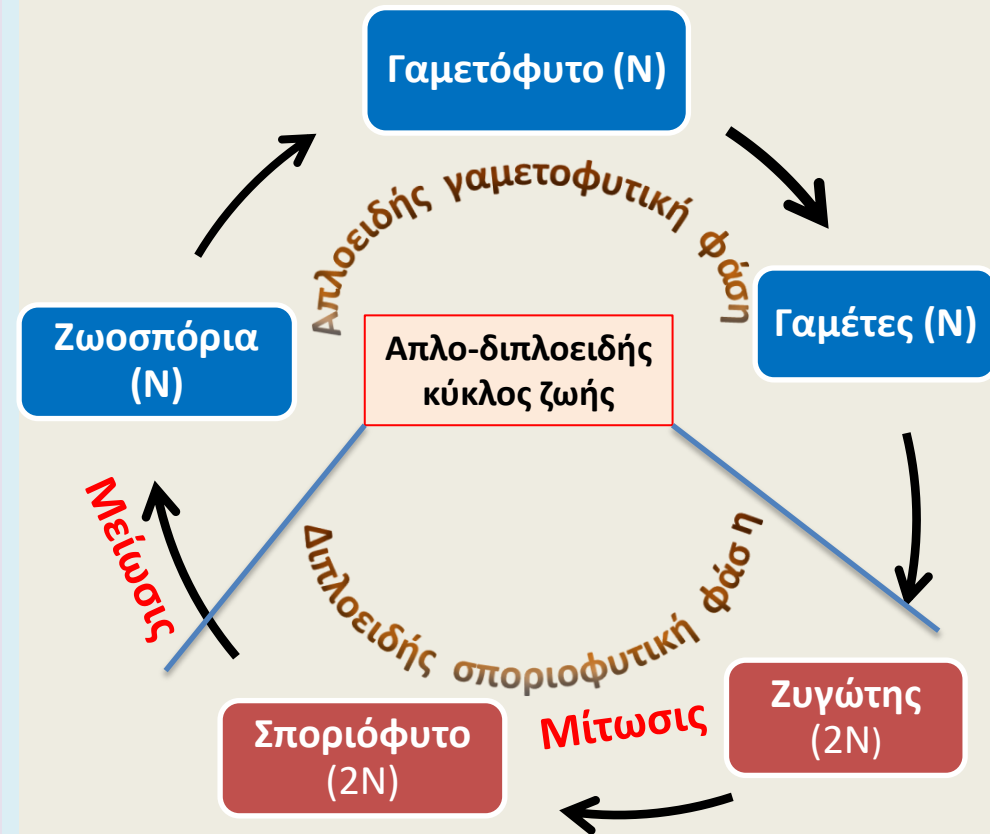
40

Δινομαστιγωτό *Gymnodinium*

Βλαστική & εγγενής-
[σποριόφυτο (2N)-
γαμετική μείωση-
«γαμέτες»-συνγγαμία-
ζυγώτης-εξωσπόριο
(2N)]



- ☐ Δύο φάσεις του κύκλου ζωής
- ☐ Η μία φάση **απλοειδής** (N) αυτή του **γαμετόφυτου** και η άλλη του **σποριόφυτου διπλοειδής** (2N)
- ☐ Ο διπλοειδής **ζυγώτης** με **μιτώσεις** αναπτύσσεται σε διπλοειδή (2N) **σποριοφυτική** γενιά
- ☐ Ο σποριοφυτικός θαλλός αναπτύσσει **σποριάγγεια** τα οποία με **μειώσεις** παράγουν **απλοειδή** (N) **ζωοσπόρια**
- ☐ Τα ζωοσπόρια ελευθερούμενα προσκολλούνται και αναπτύσσονται σε **απλοειδή** (N) **γαμετόφυτα**
- ☐ Τα γαμετόφυτα παράγουν + & - **γαμέτες**
- ☐ Οι **γαμέτες συντήκονται** και παράγουν τον διπλοειδή (2N) **ζυγώτη**
- ☐ Συγκρίνοντας τον γαμετοφυτικό με τον σποριοφυτικό θαλλό διακρίνονται σε: ➡

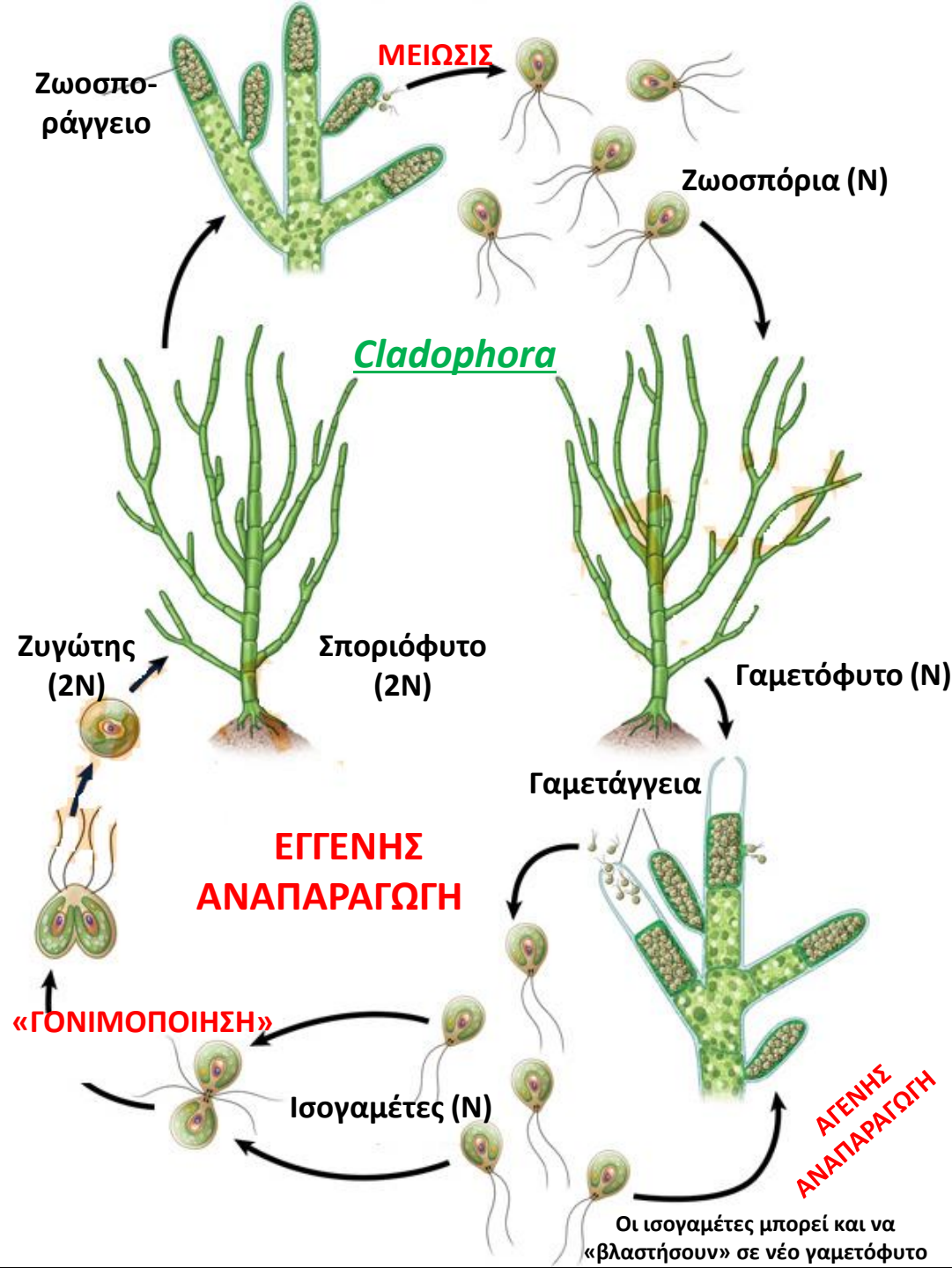


1. **Ισομορφικό:** όπου **γαμετόφυτο** και **σποριόφυτο** είναι **μορφολογικώς παρόμοια**, πολλά χλωροφύκη π.χ. *Ulva*, *Chaetophora*
2. **Ετερομορφικό:** όπου **γαμετόφυτο** και **σποριόφυτο** είναι **μορφολογικώς ανόμοια**, πολλά χλωροφύκη π.χ. *Urospora* και φαιοφύκη π.χ. *Laminaria*

Απλο-διπλοειδής κύκλος ζωής- ισομορφική εναλλαγή γενεών (γαμετόφυτο-σποριόφυτο)

42

Μακροφύκη νηματοειδή
(Χλωροφύκος *Cladophora*)

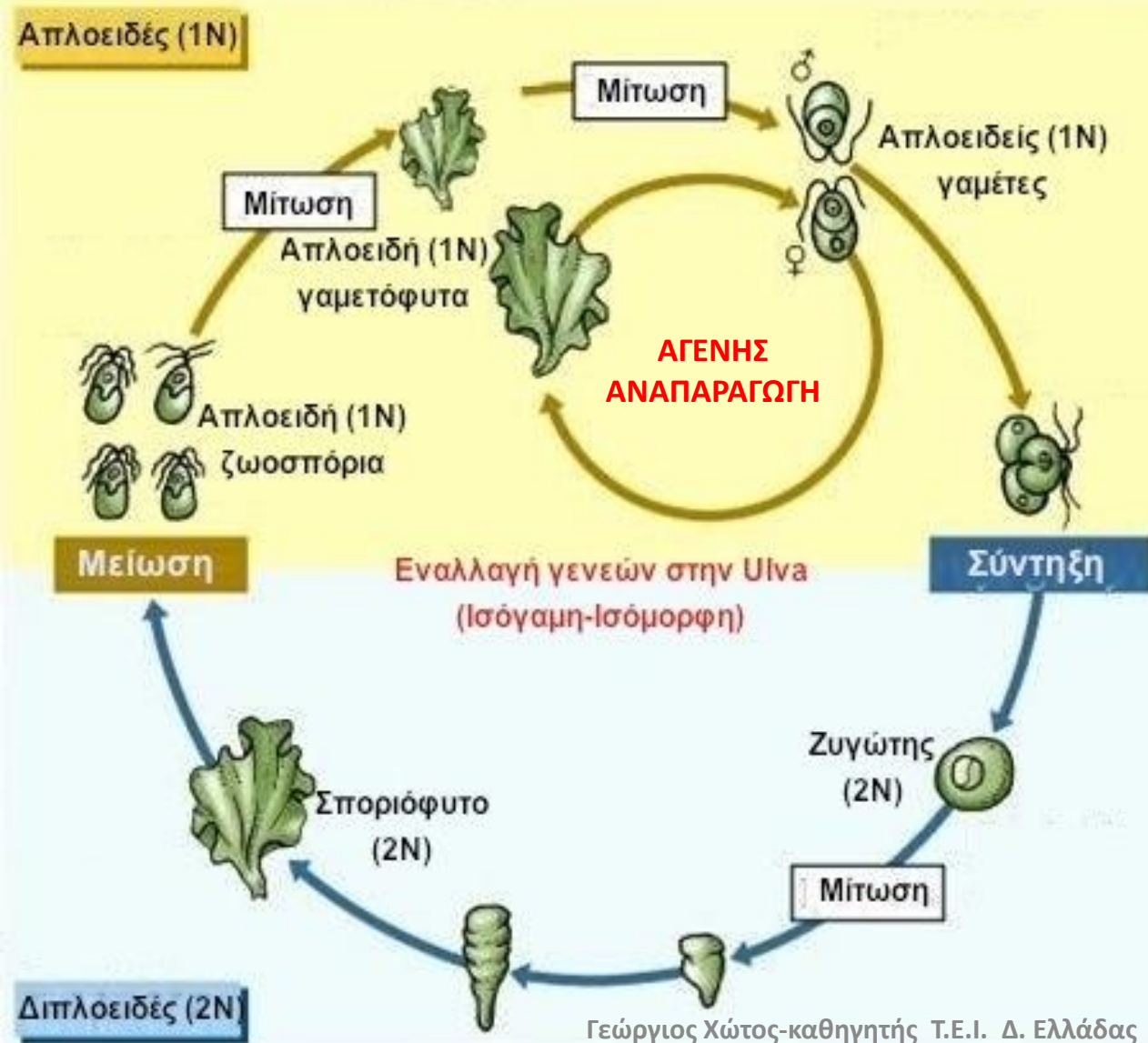


Cladophora

Cladophora

Αναπαραγωγή των φυκών - Μακροφύκη (Χλωροφύκος-*Ulva*)

Εγγενής –Απλο-διπλοειδής κύκλος ζωής-ισομορφική εναλλαγή γενεών (γαμετόφυτο-σποριόφυτο)



Στο γένος *Ulva* (Τάξη: Ulvales) η **εγγενής αναπαραγωγή** παρουσιάζει απόλυτα πανομοιότυπα **γαμετόφυτο (N)** και **σποριόφυτο (2N)** (ισομορφική εναλλαγή γενεών). Η αναπαραγωγή γίνεται με παραγωγή **μαστιγωτών σπορίων**, είτε **δι-μαστιγωτών-γαμετών** από το γαμετόφυτο η σύντηξη των οποίων δημιουργεί το διπλοειδές σποριόφυτο (2N), είτε με **τετρα-μαστιγωτά απλοειδή ζωοσπόρια (μειοσπόρια-N)** το καθένα από τα οποία μπορεί να δημιουργήσει νέο γαμετόφυτο. Το **γαμετόφυτο** επιπλέον μπορεί να αναπαράγει **αγενώς** τον εαυτό του με την ανάπτυξη ενός σπορίου-γαμέτη σε νέο γαμετόφυτο.

Αναπαραγωγή των φυκών

Εγγενής –Απλο-διπλοειδής κύκλος ζωής-ισομορφική εναλλαγή γενεών
(γαμετόφυτο-σποριόφυτο)

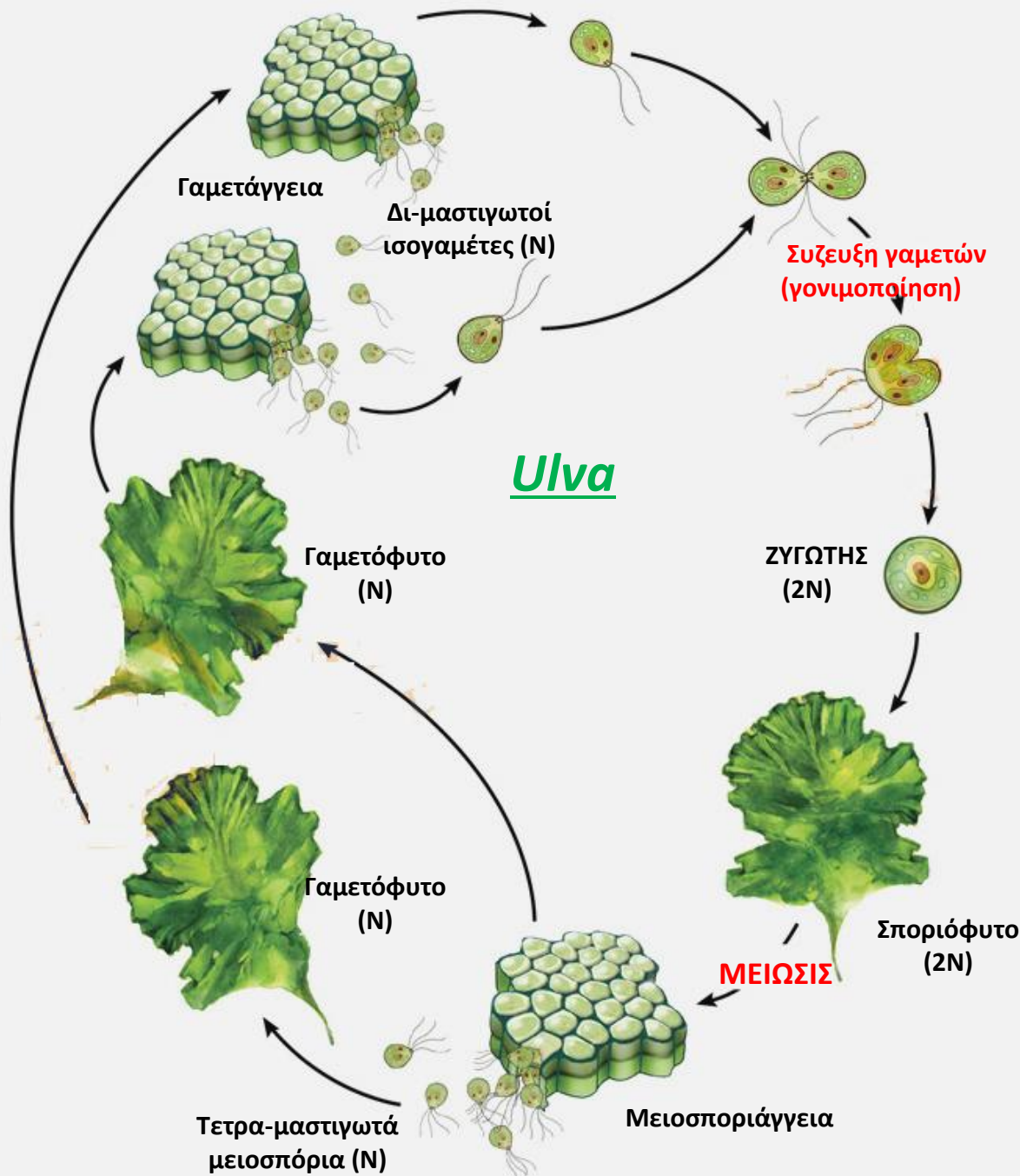
Μακροφύκη (Χλωροφύκος *Ulva*)



(Χλωροφύκος-*Ulva*)

Εγγενής –Απλο-διπλοειδής
κύκλος ζωής
ισομορφική εναλλαγή γενεών
(γαμετόφυτο-σποριόφυτο)

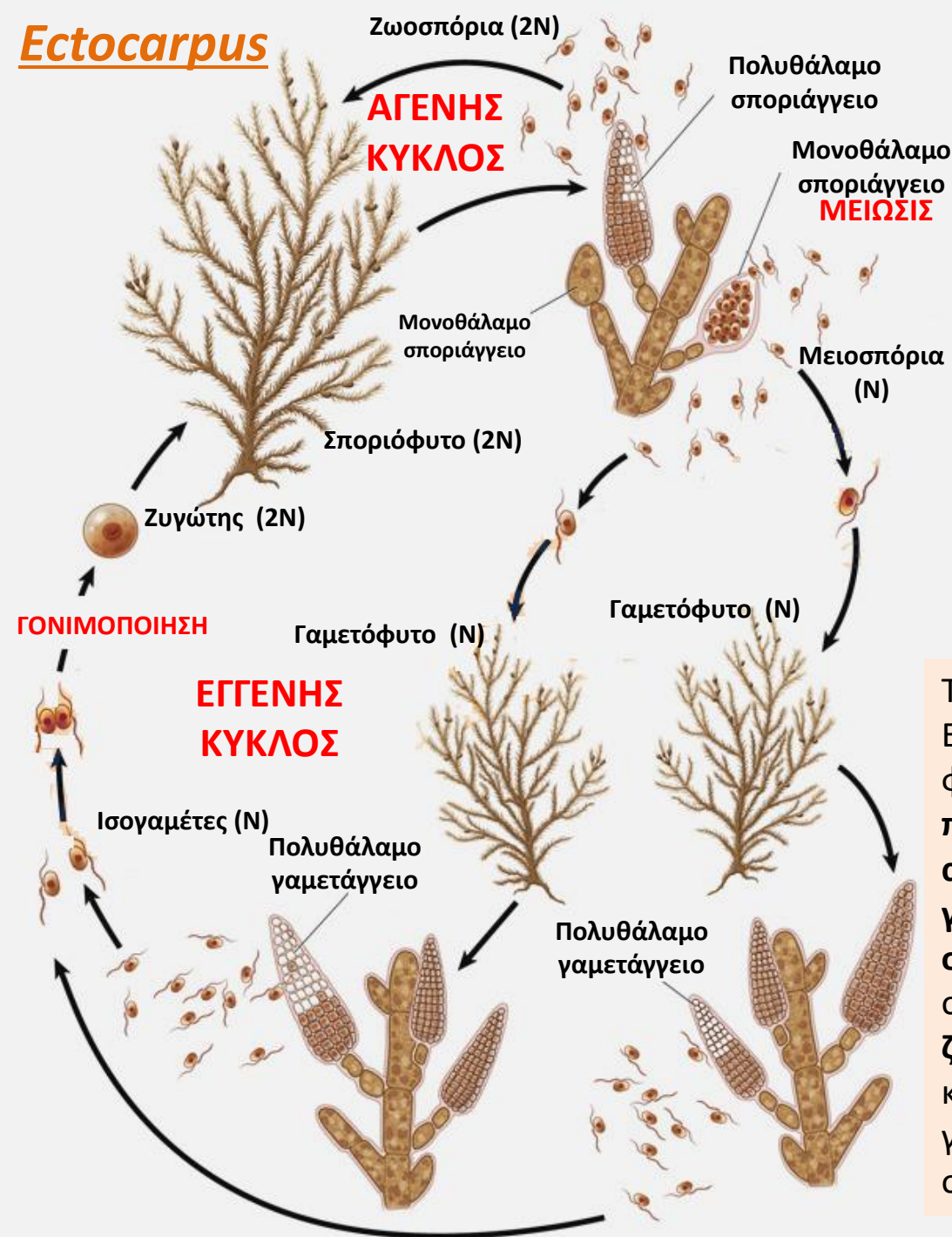
Στο χλωροφύκος *Ulva* τα σπόρια δεν παράγονται σε ειδικώς διαμορφωμένα όργανα αλλά σε τμήματα του θαλλού όπου τα κύτταρα ενεργοποιούνται καταλλήλως να παράγουν σπόρια.



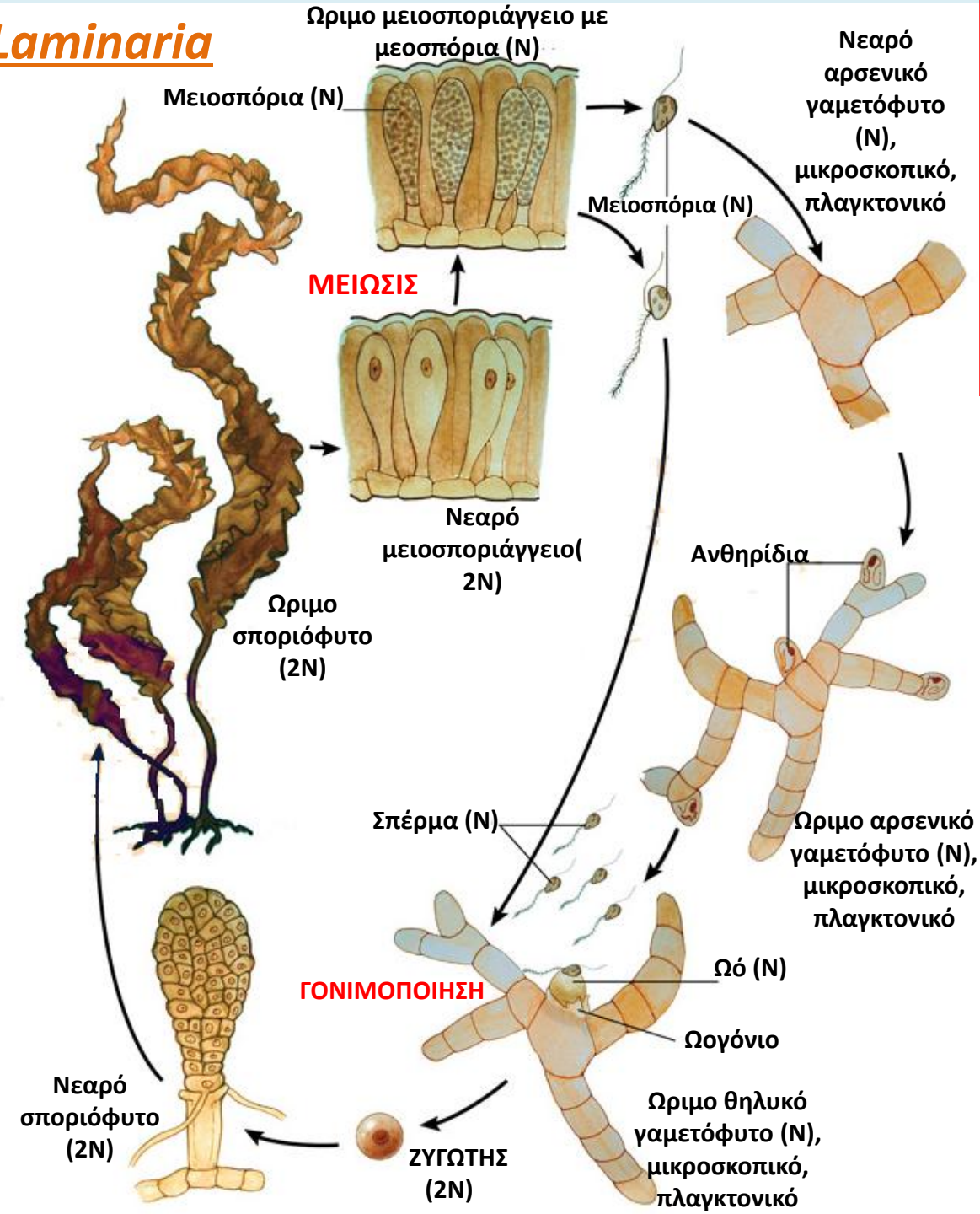
**Εγγενής – Απλο-διπλοειδής κύκλος
ζωής-ισομορφική εναλλαγή γενεών
(γαμετόφυτο-σποριόφυτο)
Μακροφύκη (Φαιοφύκος *Ectocarpus*)**



Το φαιοφύκος *Ectocarpus* sp. (τάξη: Ectocarpaceae) αναπαράγεται με σπόρια που φέρουν 2 άνισα μαστίγια, το μακρύτερο παντονηματικό τύπου (τριχωτό) και το άλλο ακρονηματικό (λείο). Παρουσιάζει εναλλαγή γενεών με πανομοιότυπα μορφολογικώς σποριόφυτο (2N) και γαμετόφυτο (N). Το σποριόφυτο αναπαράγεται και αγενώς με ζωοσπόρια (2N) που δίδουν νέο σποριόφυτο και εγγενώς με μειοσπόρια (N) που δίδουν γαμετόφυτα (N) τα οποία παράγουν γαμέτες η σύντηξη των οποίων δίδει σποριόφυτο, κ.ο.κ.

Ectocarpus

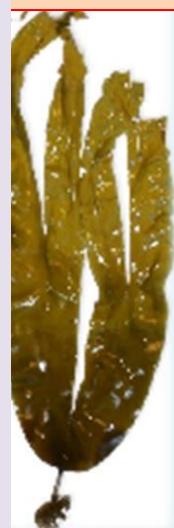
Laminaria



Αναπαραγωγή των φυκών
Μακροφύκη (Φαιοφύκη-
Laminaria) 47

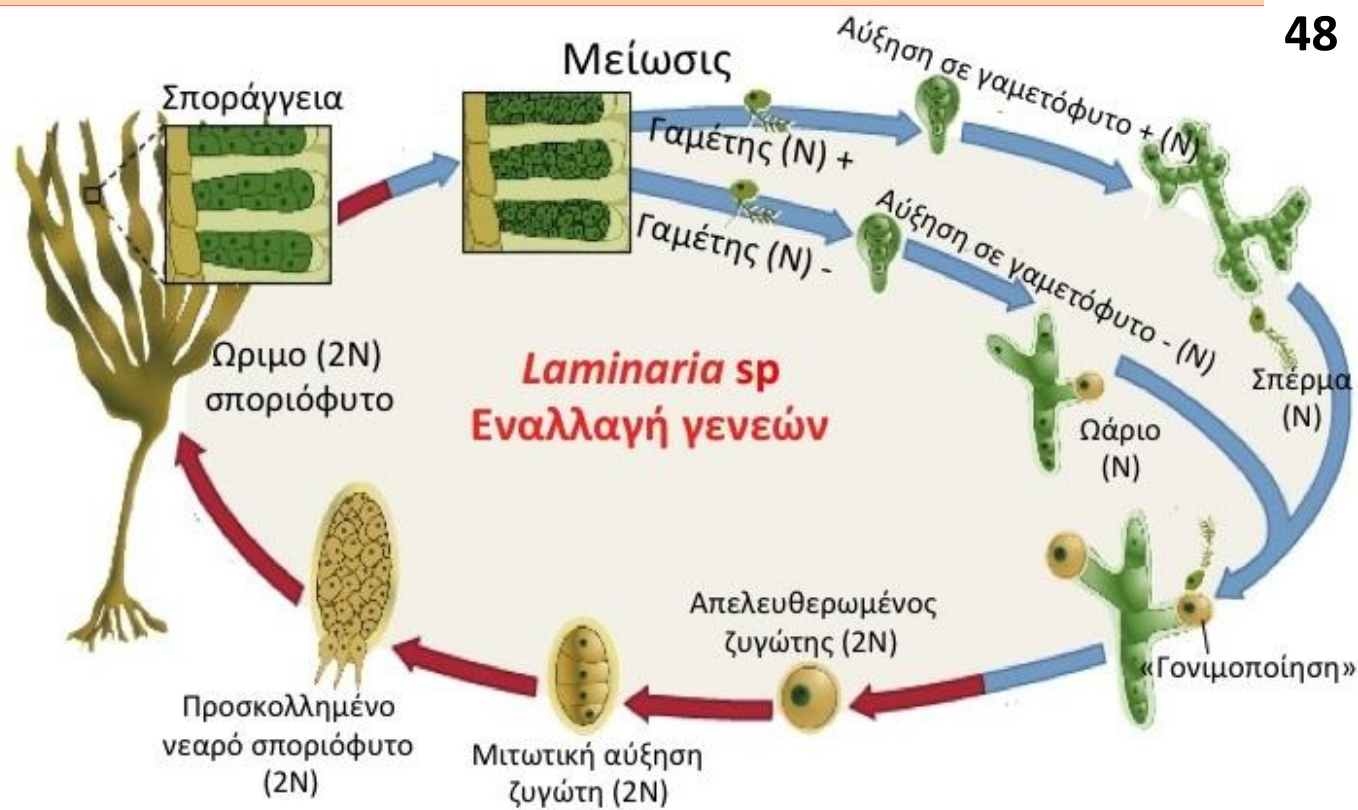
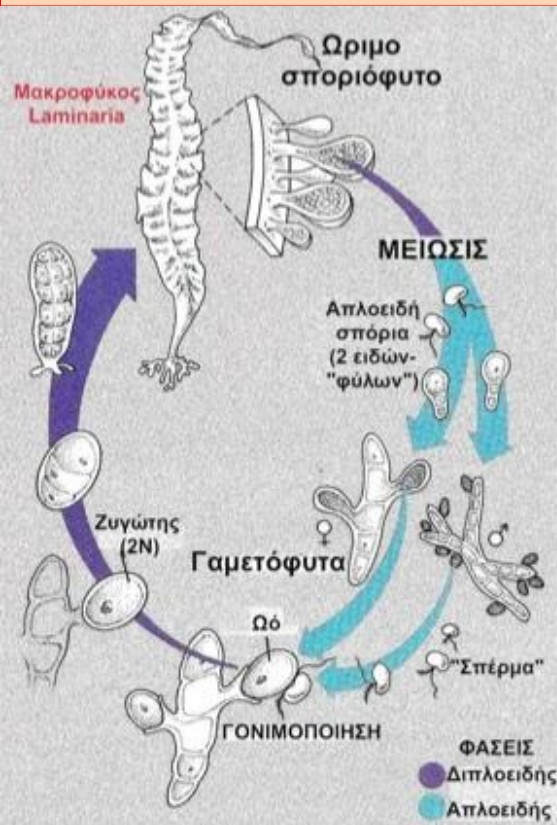
Εγγενής –Απλο-διπλοειδής
κύκλος ζωής-ετερομορφική
εναλλαγή γενεών
(γαμετόφυτο-σποριόφυτο)

Στο φαιοφύκος *Laminaria*
τα σποριάγγεια δεν
παρουσιάζονται ως
εξωτερικές διογκώσεις
του θαλλού αλλά είναι
«θαμμένα» στην
επιφανειακή
μεσεγχυματική περιοχή
του ελάσματος.



Αναπαραγωγή των φυκών Εγγενής –Απλο-διπλοειδής κύκλος ζωής-ετερομορφική εναλλαγή γενεών (γαμετόφυτο-σποριόφυτο) Μακροφύκη (Φαιοφύκη-*Laminaria*)

48

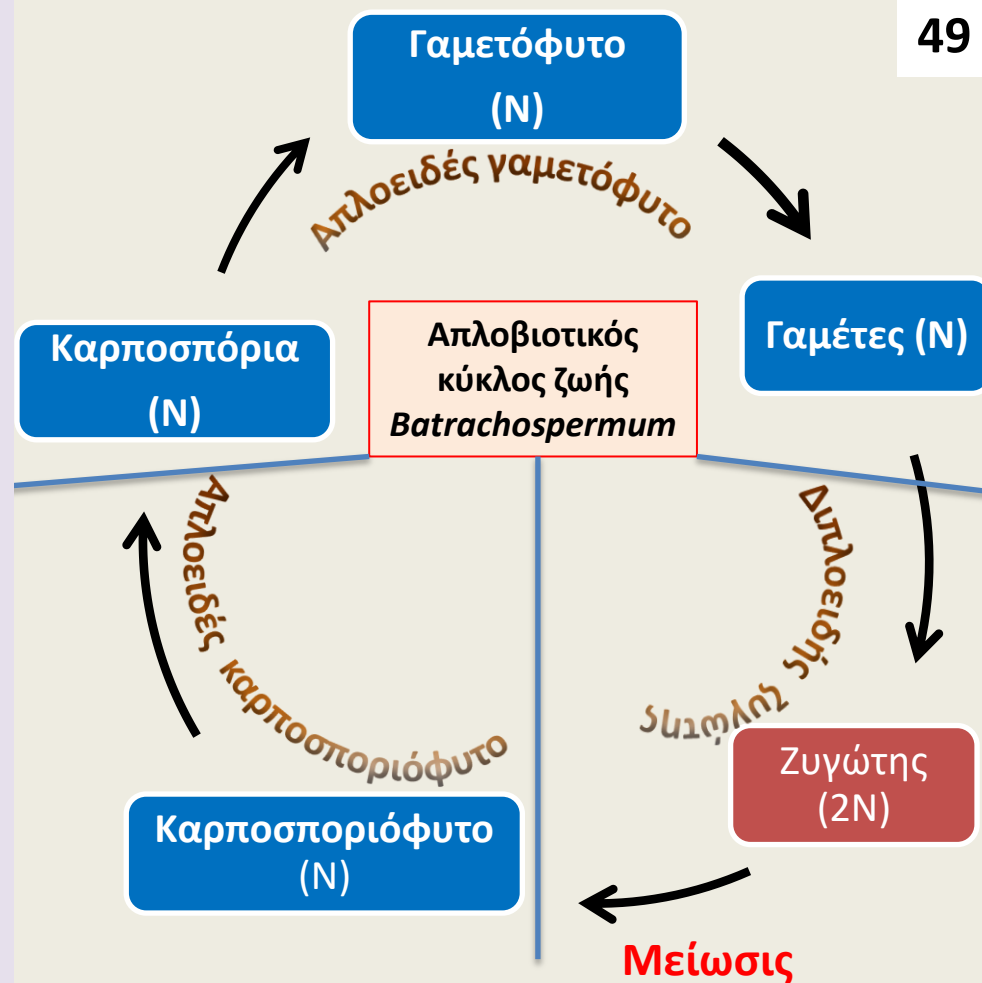


Στα φαιοφύκη του γένους *Laminaria* (Τάξη: Laminariales) τα **σποριάγγια** παράγουν **μειοσπόρια** (N) που φέρουν 2 **άνισα μαστίγια** και είναι 2 τύπων, είτε (+) που αναπτύσσονται σε **αρσενικά γαμετόφυτα**, είτε (-) σε **θηλυκά γαμετόφυτα**. Τα γαμετόφυτα είναι **μικροσκοπικά** και **πλαγκτονικά** και παράγουν είτε **δι-μαστιγωτούς γαμέτες-σπερματοζωΐδια** (τα αρσενικά), είτε ένα **ωό** ανά θέση ωογένεσης (θηλυκά). Η γονιμοποίηση γίνεται με το ωό προσκολλημένο ακόμα στο γαμετόφυτο (**εσω-ωογαμία**) και κατόπιν ελευθερώνεται ο **ζυγώτης** για να προσκολληθεί κάπου και να αναπτυχθεί σε σποριόφυτο (2N).

Αναπαραγωγή των φυκών – Απλοβιοτικός κύκλος ζωής-Ροδόφυτα

49

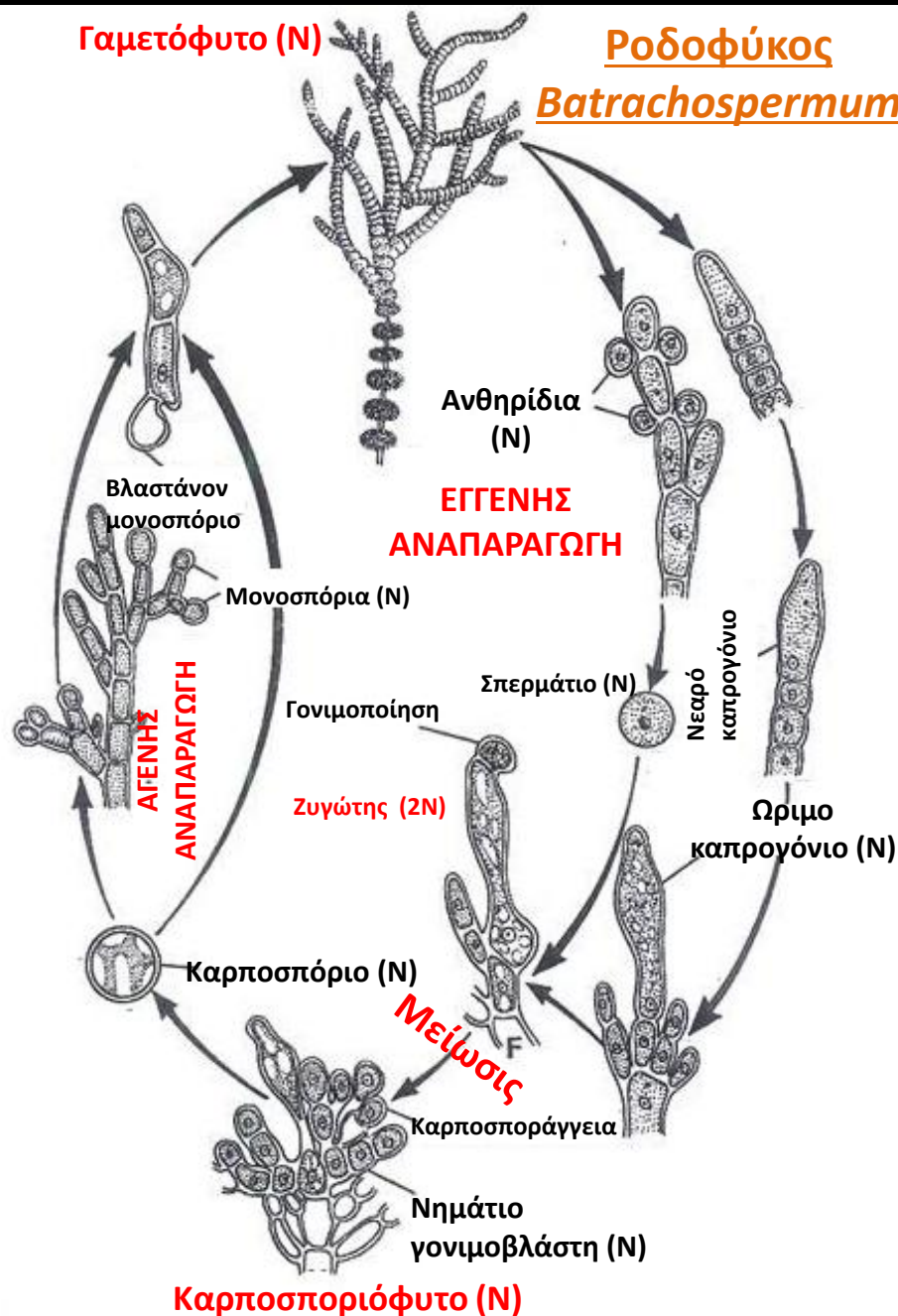
- ❑ Τρεις φάσεις του κύκλου ζωής
- ❑ Η μία φάση διπλοειδής (2N) και οι άλλες δύο απλοειδείς (N), δηλαδή:
 1. Γαμετοφυτική απλοειδής φάση (N)
 2. Ζυγωτική φάση διπλοειδής (2N)
 3. Καρποσποριοφυτική απλοειδής (N)
- ❑ Ο απλοβιοτικός τύπος απαντάται μόνο στην τάξη των Nematinales των ροδοφυκών
- ❑ Τα γαμετόφυτα παράγουν απλοειδείς (N) + & - γαμέτες. Τα σπέρματα (-) απελευθερώνονται στο νερό και γονιμοποιούν τα ωάρια στα ωογόνια (ωογαμία)
- ❑ Από τη γονιμοποίηση προκύπτει ο ζυγώτης το μόνο διπλοειδές (2N) στάδιο σε αυτού του τύπου κύκλο ζωής
- ❑ Ο ζυγώτης με μείωση παράγει απλοειδή (N) σπόρια τα οποία αναπτύσσονται σε απλοειδή (N) θαλλό καρποσποριόφυτου
- ❑ Το καρποσποριόφυτο παράγει αγενώς απλοειδή (N) καρποσπόρια
- ❑ Τα καρποσπόρια αναπτύσσονται σε απλοειδή (N) γαμετόφυτα



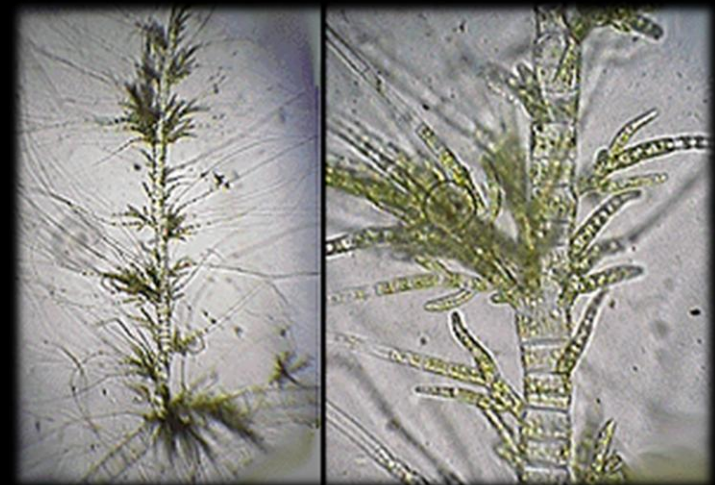
Σημείωση: Από την τάξη Nematinales των ροδοφυκών που μόνο αυτά παρουσιάζουν απλοβιοτικό κύκλο, αναφέρθηκε προηγουμένως το πολύ μελετημένο γένος *Batrachospermum*

Αναπαραγωγή των φυκών – Απλοβοιτικός κύκλος ζωής-Ροδόφυτα (Nemalionales)

50



Ροδοφύκος
Batrachospermum



Τρεις φάσεις του κύκλου ζωής
 δύο διπλοειδείς (2N) και μία
 απλοειδής (N), δηλαδή:

1. Καρποσποριοφυτική (2N)
2. Γαμετοφυτική (N)
3. Τετρασποριοφυτική φάση (2N)

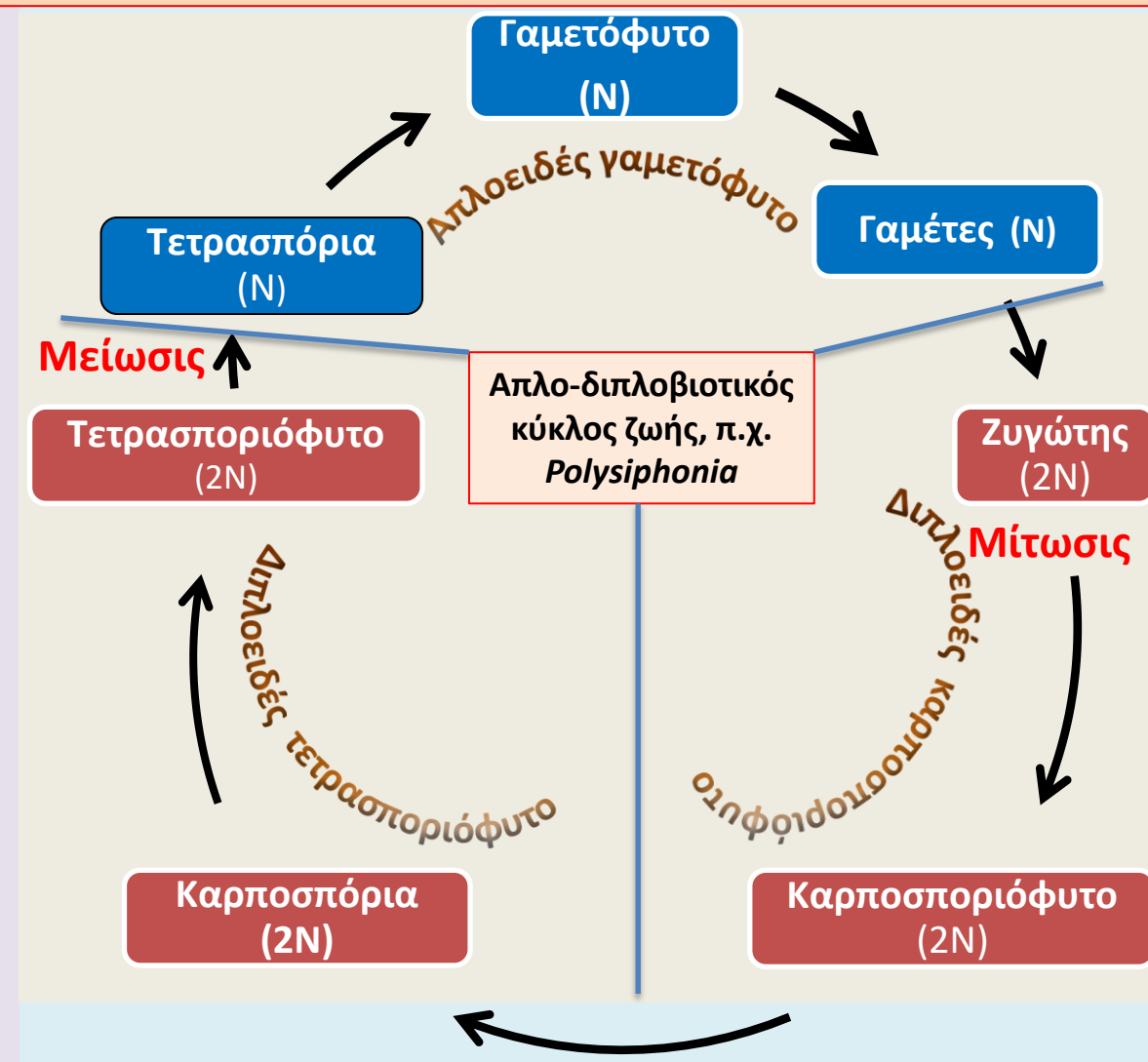
Ο απλο-διπλοβοιτικός τύπος είναι
 ο πλέον πολύπλοκος και
 εξελιγμένος και απαντάται **μόνο**
 στα **ροδόφυτα** εκτός από την τάξη
 των Nemalionales

Ο ζυγώτης (2N) προκύπτει από
ωογαμία και αναπτύσσεται επάνω
 στο θηλυκό γαμετόφυτο σε
καρποσποριόφυτο (2N)

Το καρποσποριόφυτο παράγει
 διπλοειδή (2N) **καρποσπόρια**

Τα ελευθερούμενα καρποσπόρια
 «βλαστάνουν» σε νέο θαλλό
τετρασποριόφυτο (2N)

Το τετρασποριόφυτο παράγει
 αγενώς απλοειδή (N) **τετρασπόρια**

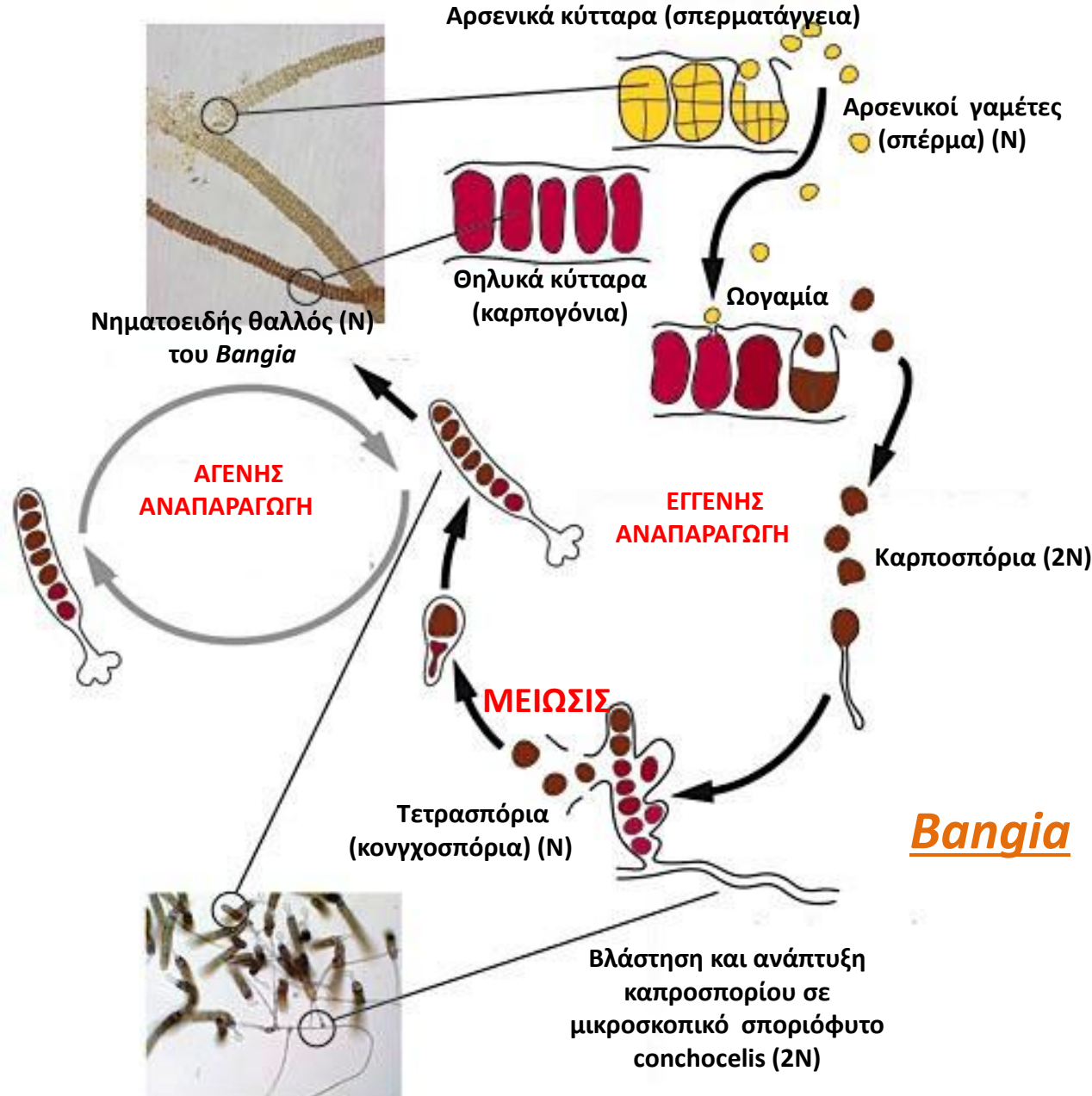


Τα τετρασπόρια αναπτύσσονται σε απλοειδή (N)
γαμετόφυτα είτε **θηλυκά** (+), είτε **αρσενικά** (-) τα οποία
 παράγουν γαμέτες-σπέρμα ή γαμέτες-ωάρια αντιστοίχως

Αναπαραγωγή των φυκών
Εγγενής – Απλο-διπλοβιοτικός
κύκλος ζωής, Γαμετόφυτο -
καρποσποριόφυτο

52

Μακροφύκη (Ροδοφύκη-
Bangia) διφασική-
ετερόμορφη εναλλαγή γενεών



Αναπαραγωγή
των φυκών
Εγγενής – Απλο-
διπλοβοϊοτικός
κύκλος ζωής
Γαμετόφυτο –
καρποσποριόφυτο

Μακροφύκη
(Ροδοφύκη-
Porphyra)
διφασική-
ετερόμορφη
εναλλαγή
γενεών

1 Το nori για το sushi παρασκευάζεται από τα μεγάλα μακροσκοπικά ελάσματα της απλοειδούς φάσης (γενιάς) της *Porphyra*. Γαμετόφυτο (N)

4 Στα ελάσματα παράγονται μη μαστιγιοφόρα σπέρματοζώδια

2 Το γαμετόφυτο μπορεί να αναπαραχθεί και αγενώς με δημιουργία απλανοσπορίων

7 Τα κονγχοσπόρια προσκολλώνται σε στέρεο υπόστρωμα και αναπτύσσονται σε γαμετόφυτο (N)

3 Στα ελάσματα παράγονται επίσης μη απελευθερούμενα ωάρια

Τα ωάρια παραμένουν στα ελάσματα και διά της ωογαμίας γίνονται **5** γονιμοποιημένα ωά (ζυγώτης) που απελευθερώνονται

6 Οι ζυγώτες προσκολλούνται σε κελύφη νεκρών οστράκων βλαστάνουν και αναπτύσσονται σε μικρούς θαλλούς «κονγχοσελίσ» (σποριόφυτο-2N). Δημιουργούνται κονγχοσποράγγεια που με μείωση παράγουν και απελευθερώνουν κονγχοσπόρια (N)

Porphyra



Γενική επισκόπηση του κύκλου ζωής του ροδοφύκου *Porphyra yezoensis*

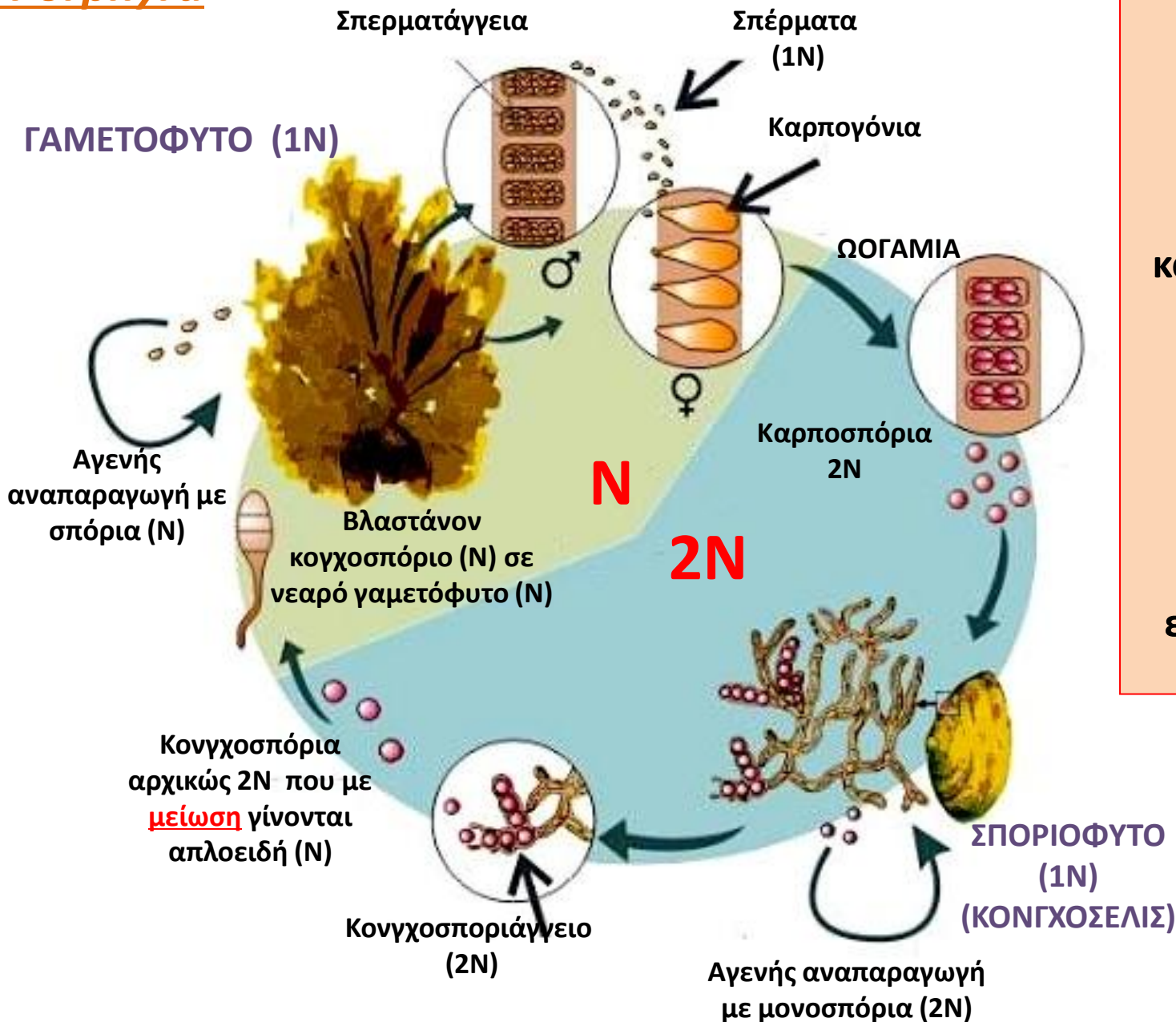
Porphyra

Αναπαραγωγή των
φυκών 54

Εγγενής – Απλο-
διπλοβιοτικός
κύκλος ζωής

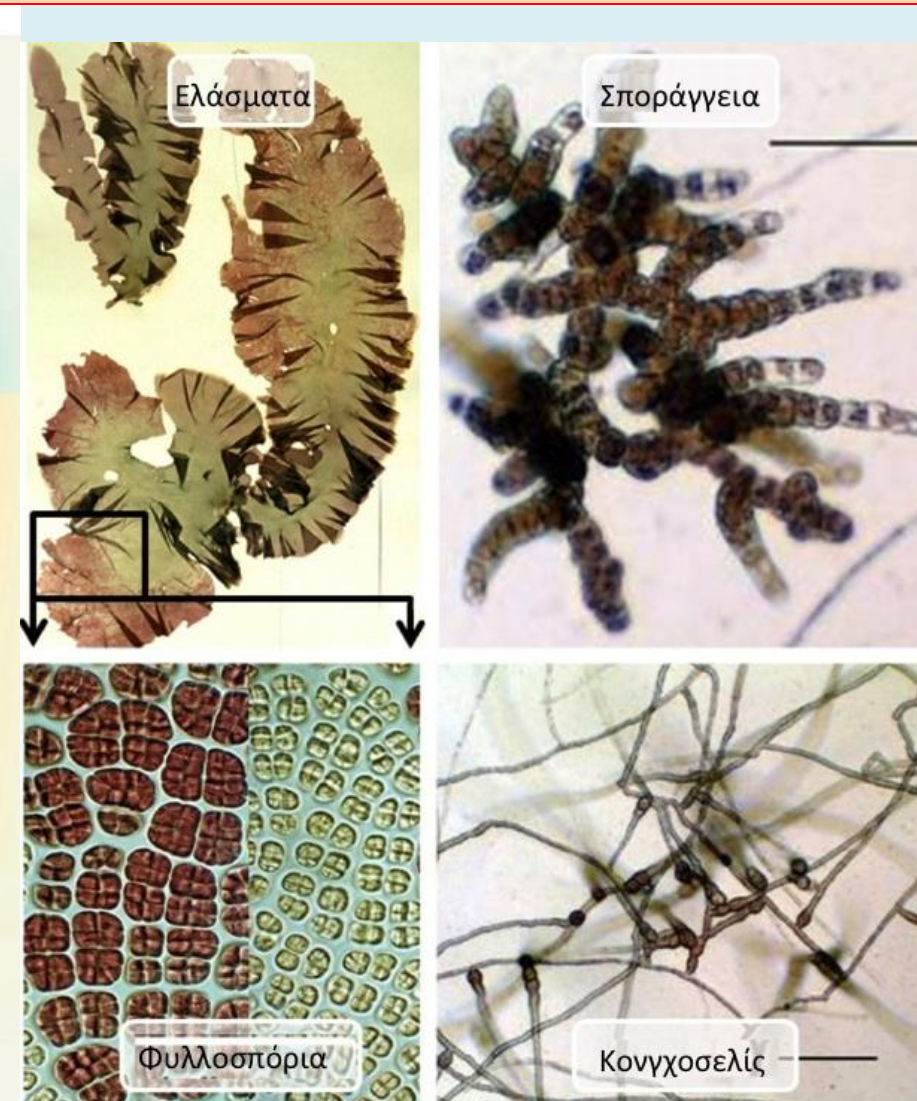
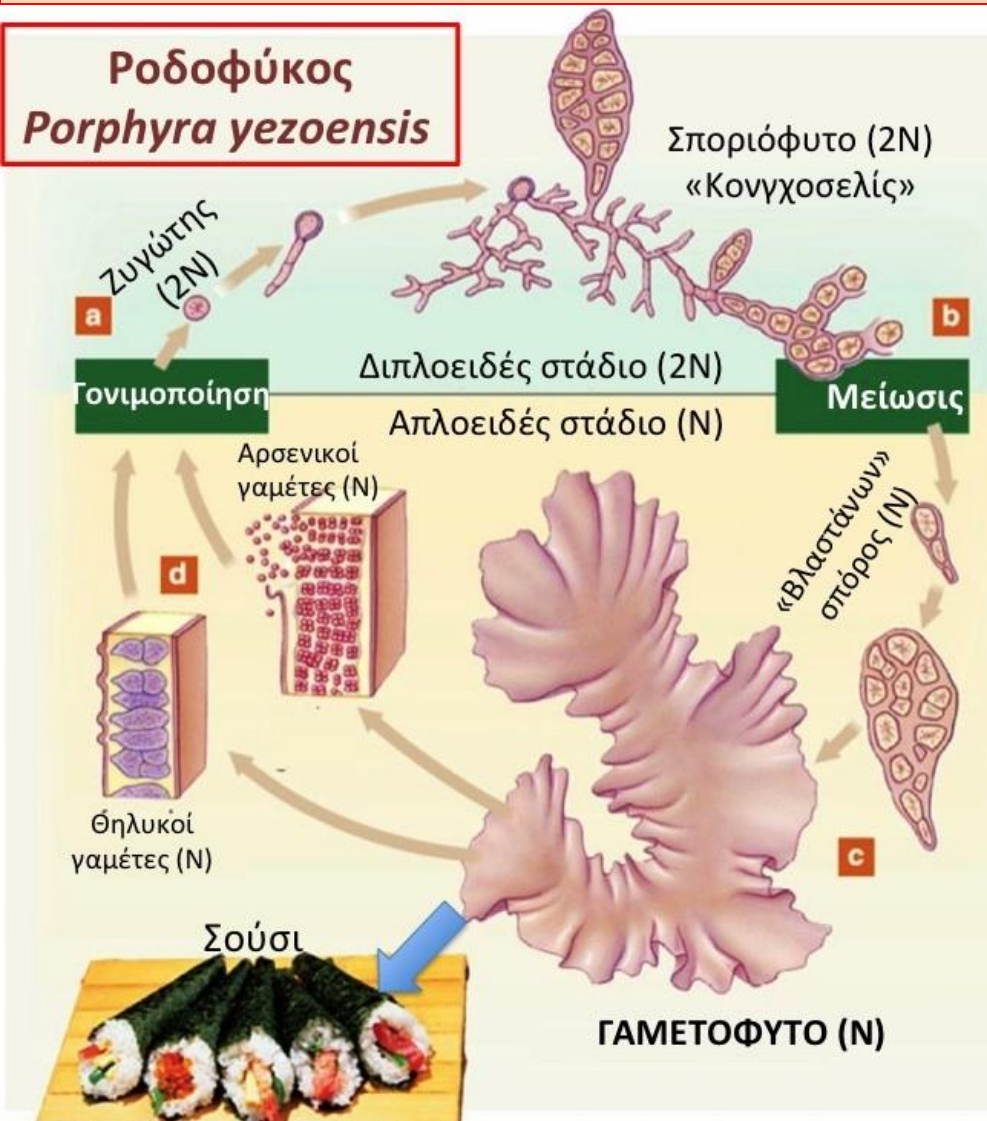
Γαμετόφυτο –
καρποσποριόφυτο

Μακροφύκη
(Ροδοφύκη-
Porphyra)
διφασική-
ετερόμορφη
εναλλαγή γενεών



Εγγενής – Απλο-διπλοβοιτικός κύκλος ζωής, Γαμετόφυτο – καρποσποριόφυτο

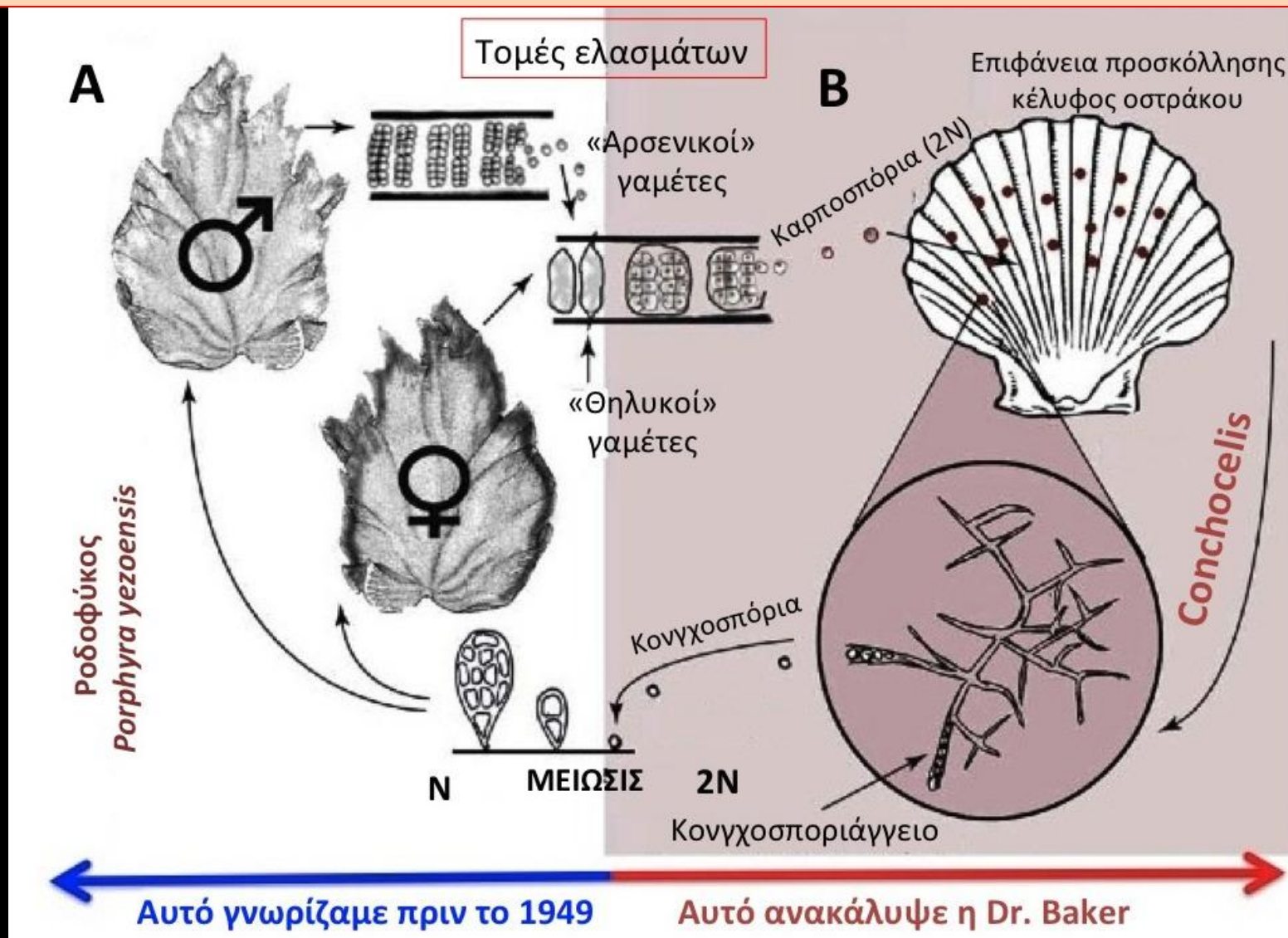
Μακροφύκη (Ροδοφύκη-*Porphyra*) διφασική-ετερόμορφη εναλλαγή γενεών



Αναπαραγωγή των φυκών

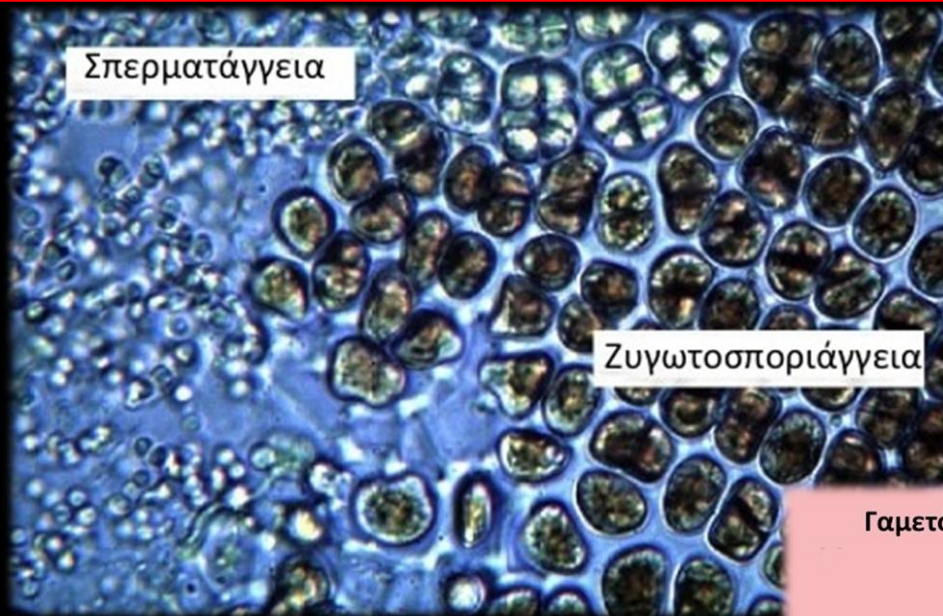
Εγγενής – Απλο-διπλοβιοτικός κύκλος ζωής Γαμετόφυτο – καρποσποριόφυτο

Μακροφύκη (Ροδοφύκη-*Porphyra*) διφασική-ετερόμορφη εναλλαγή γενεών



Αναπαραγωγή των φυκών

Εγγενής – Απλο-διπλοβοϊτικός κύκλος ζωής, Γαμετόφυτο – καρποσποριόφυτο
Μακροφύκη (Ροδοφύκη-*Porphyra*) διφασική-ετερόμορφη εναλλαγή γενεών



Κύκλος ζωής ροδοφύκους *Porphyra yezoensis*
Εναλλαγή γενεών, διφασική, ετερομορφική

Σποριόφυτο (2N)
Κονγχοσελίδες

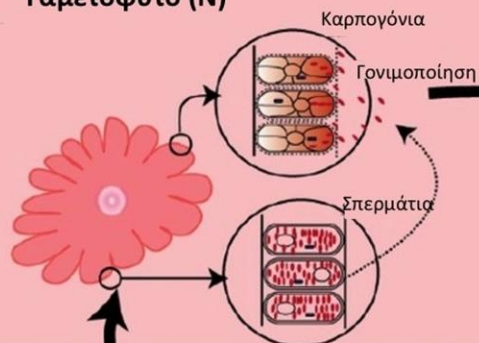


Αρσενικό
γαμετόφυτο (N)

Θηλυκό
γαμετόφυτο (N)



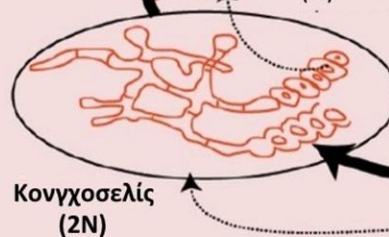
Γαμετόφυτο (N)



Καρποσποριόφυτο (2N)



Τετρασπόρια (N)



Τετρασποριόφυτο (2N)

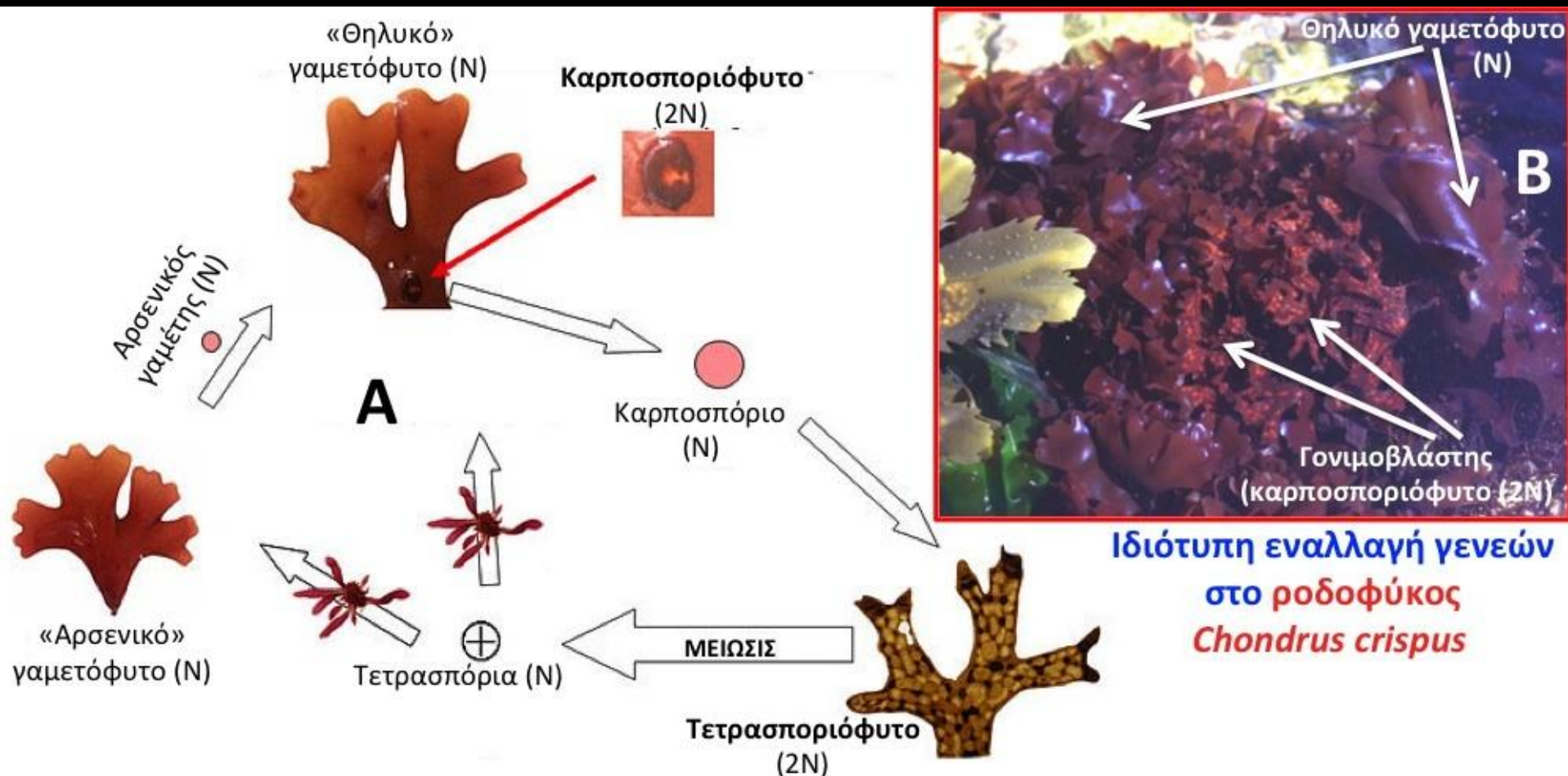


Οστρακο

Αναπαραγωγή των φυκών

Εγγενής – Απλο-διπλοβοϊτικός κύκλος ζωής, Γαμετόφυτο-καρποσποριόφυτο-τετρασποριόφυτο

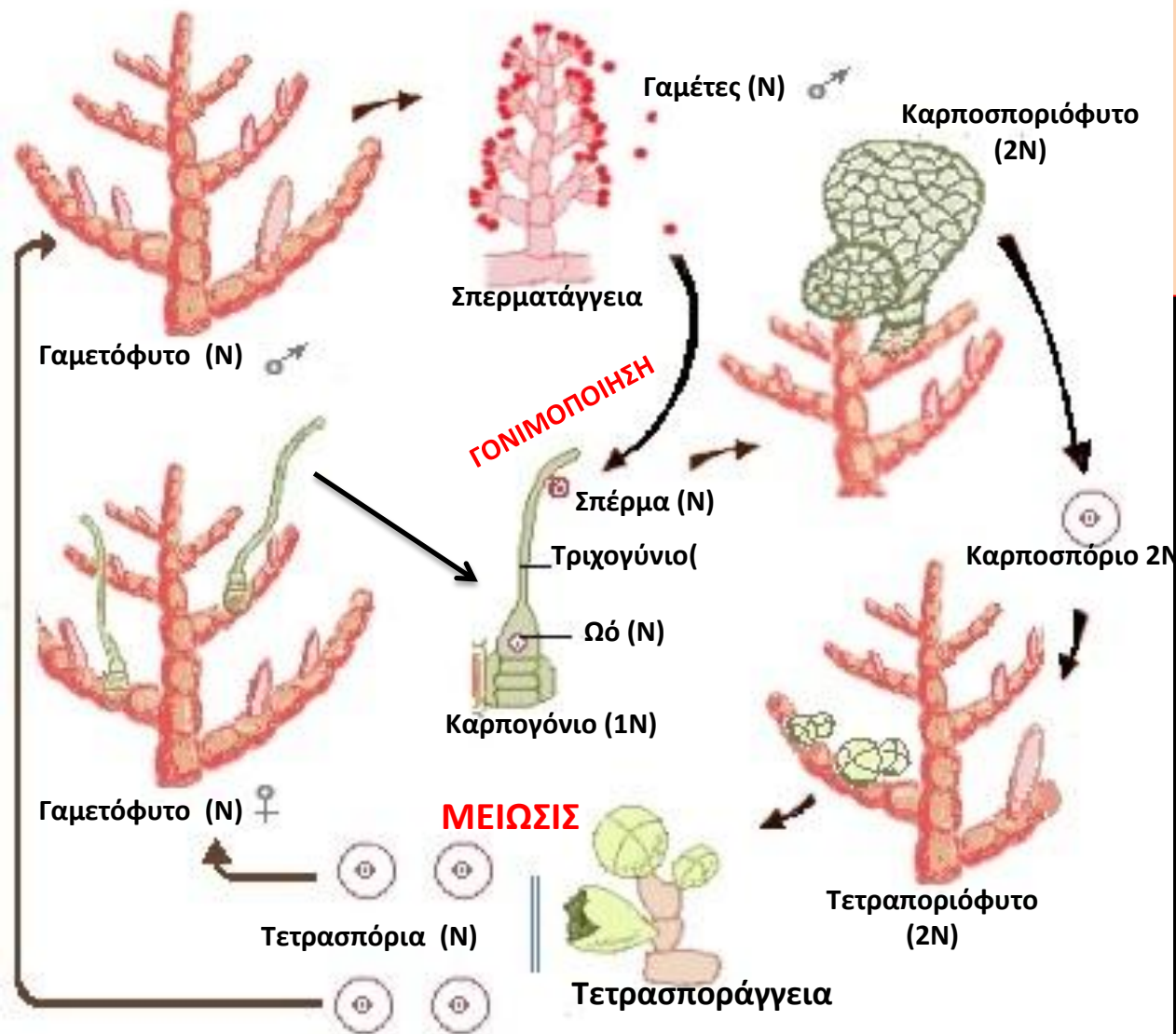
Μακροφύκη (Ροδοφύκος *Chondrus crispus*) τριφασική-ετερόμορφη εναλλαγή γενεών



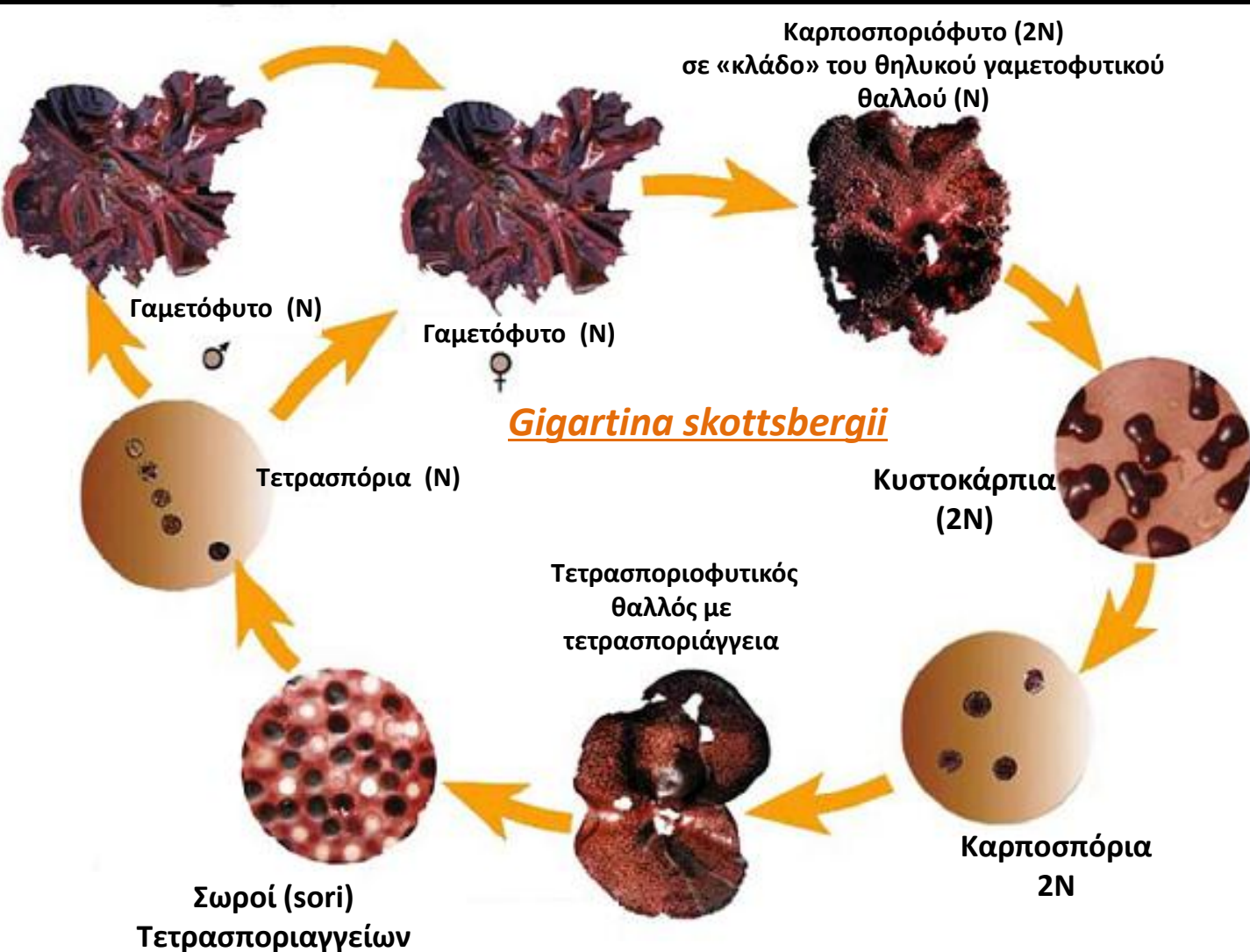
Αναπαραγωγή των φυκών
Εγγενής – Απλο-
διπλοβοϊτικός κύκλος ζωής,
Γαμετόφυτο-
καρποσποριόφυτο-
τετρασποριόφυτο

59

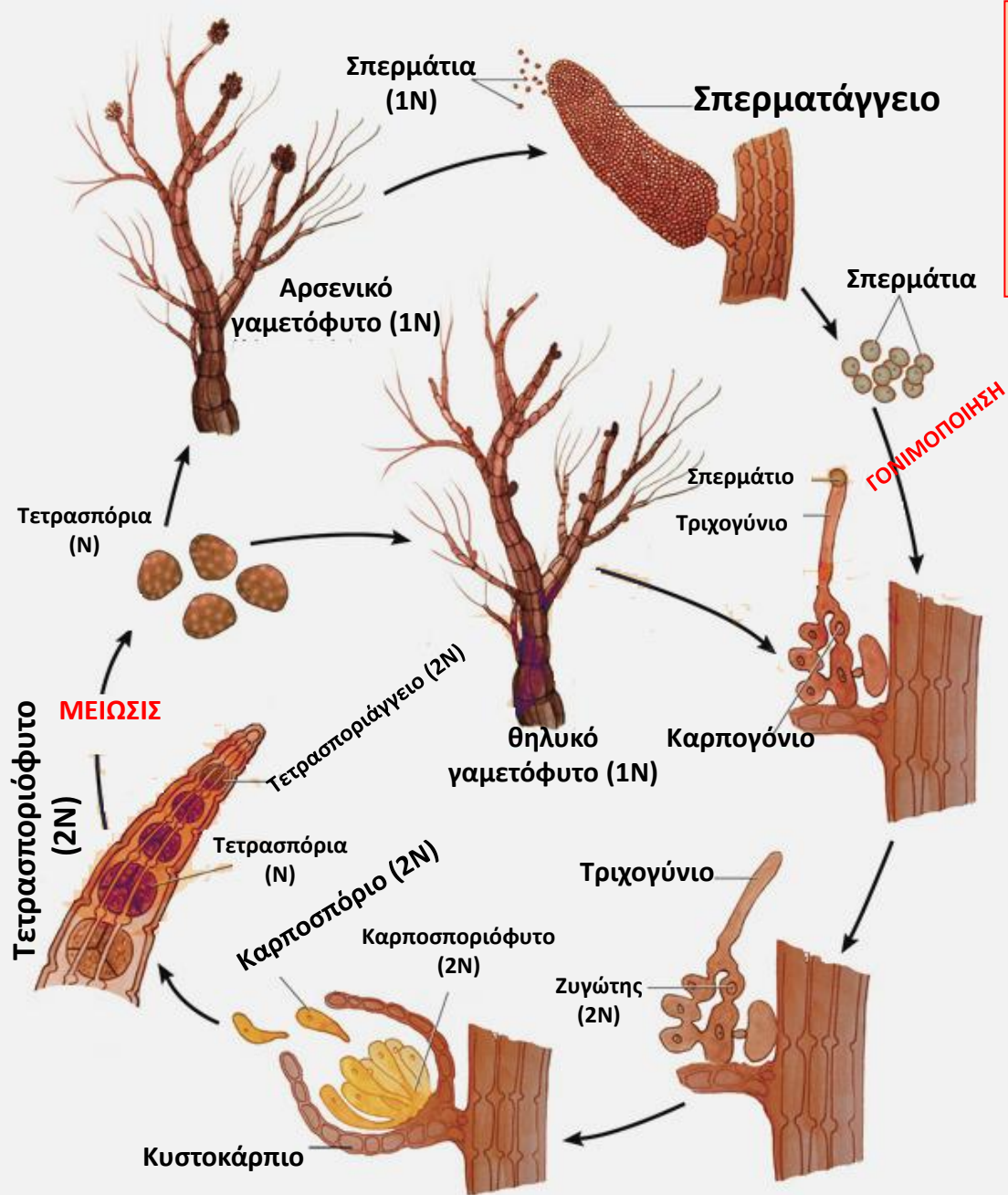
Μακροφύκη (Ροδοφύκη-
Antithamnion) τριφασική –
ισομορφική εναλλαγή
γενεών



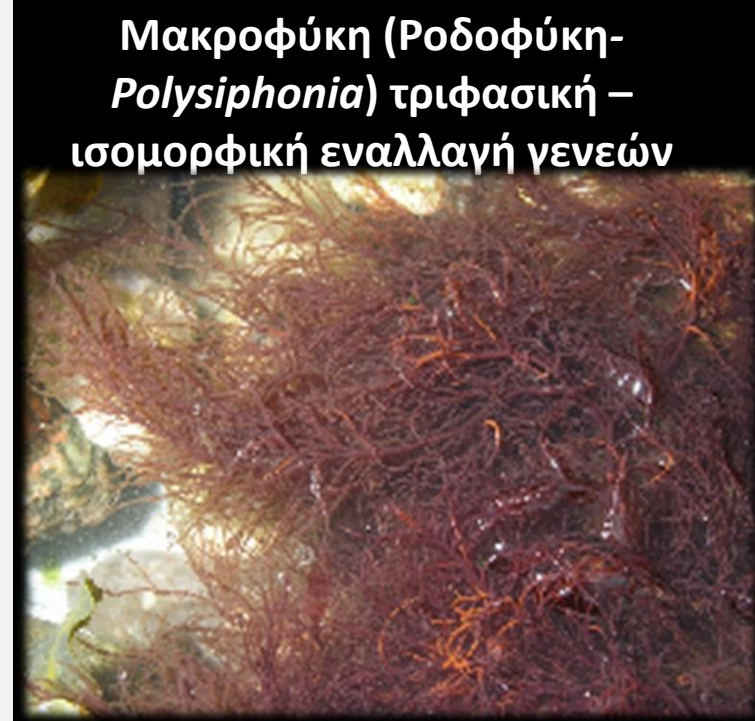
Μακροφύκη (Ροδοφύκη-*Gigartina skottsbergii*) τριφασική-ισομορφική εναλλαγή
γενεών



61
Αναπαραγωγή των φυκών
Εγγενής – Απλο-διπλοβοϊτικός
κύκλος ζωής,
Γαμετόφυτο-καρποσποριόφυτο-
τετρασποριόφυτο



Polysiphonia

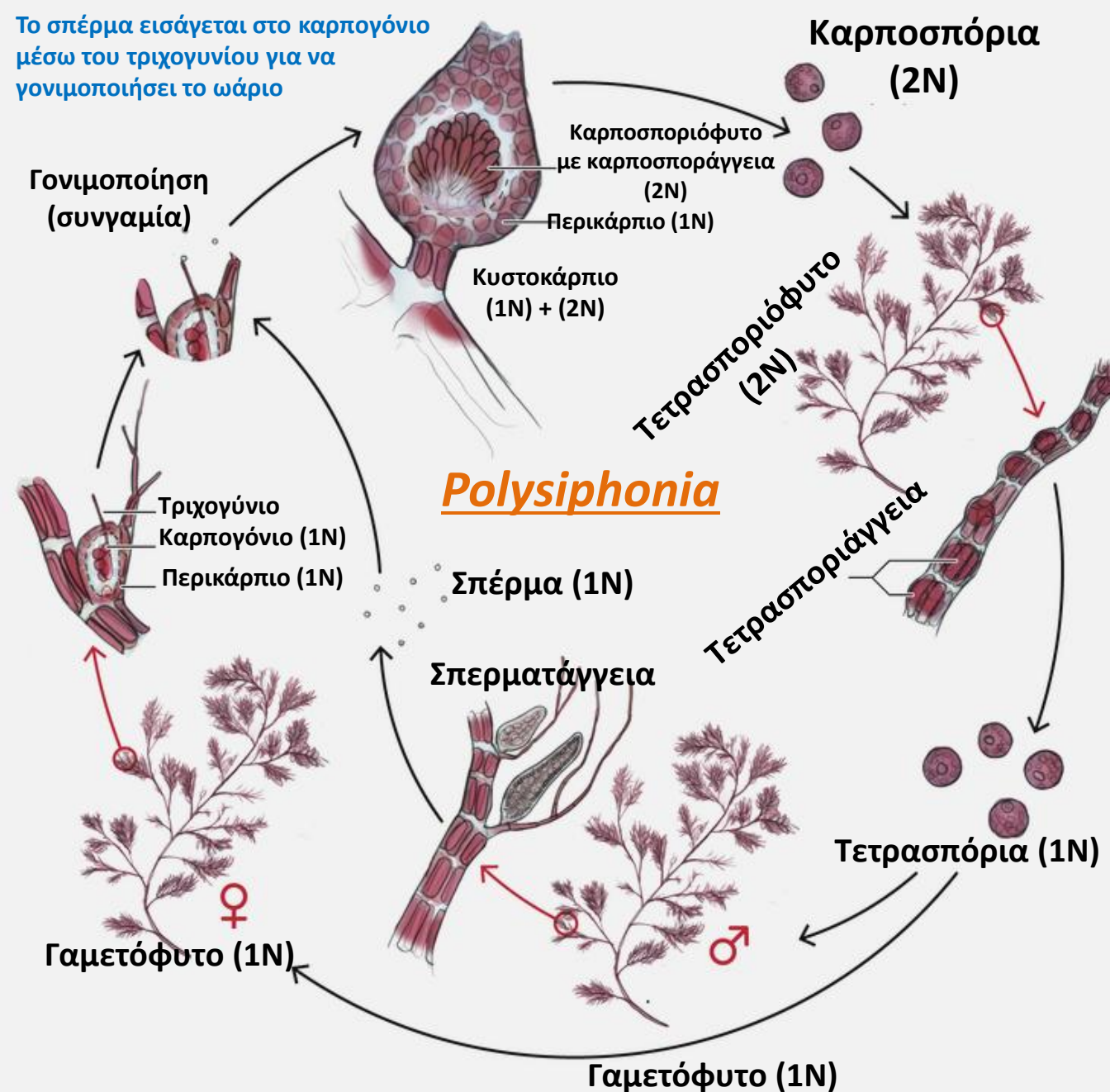


Γεώργιος Χώτος-καθηγητής Τ.Ε.Ι. Δ. Ελλάδας

Εγγενής – Απλο-
διπλοβοιτικός κύκλος
ζωής,
Γαμετόφυτο-
καρποσποριόφυτο-
τετρασποριόφυτο

Μακροφύκη
(Ροδοφύκη-
Polysiphonia)
τριφασική –
ισομορφική
εναλλαγή γενεών

Το καρποσποριόφυτο
αναπτύσσεται επάνω
στο θαλλό του
θηλυκού
γαμετόφυτου



ΣΠΟΡΙΟΦΥΤΟ
(2N)

Τετρασποράγγεια 2N

Αναπαραγωγή των
φυκών 63

Εγγενής – Απλο-
διπλοβοϊτικός κύκλος
ζωής,
Γαμετόφυτο-
καρποσποριόφυτο-
τετρασποριόφυτο

Μακροφύκη
(Ροδοφύκη-
Rhodymenia)
τριφασική –
ισομορφική
εναλλαγή γενεών

ΜΕΙΩΣΙΣ

Τετρασπόρια
N

Rhodymenia

2N

N

ΓΑΜΕΤΟΦΥΤΑ (N)

Σπέρματα N

Καρπογόνιο N

ΓΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ
(ωογαμία)

Καρποσποριόφυτο
2N

«Βλάστηση»
καρποσπορίου
2N

Καρποσπόρια
2N



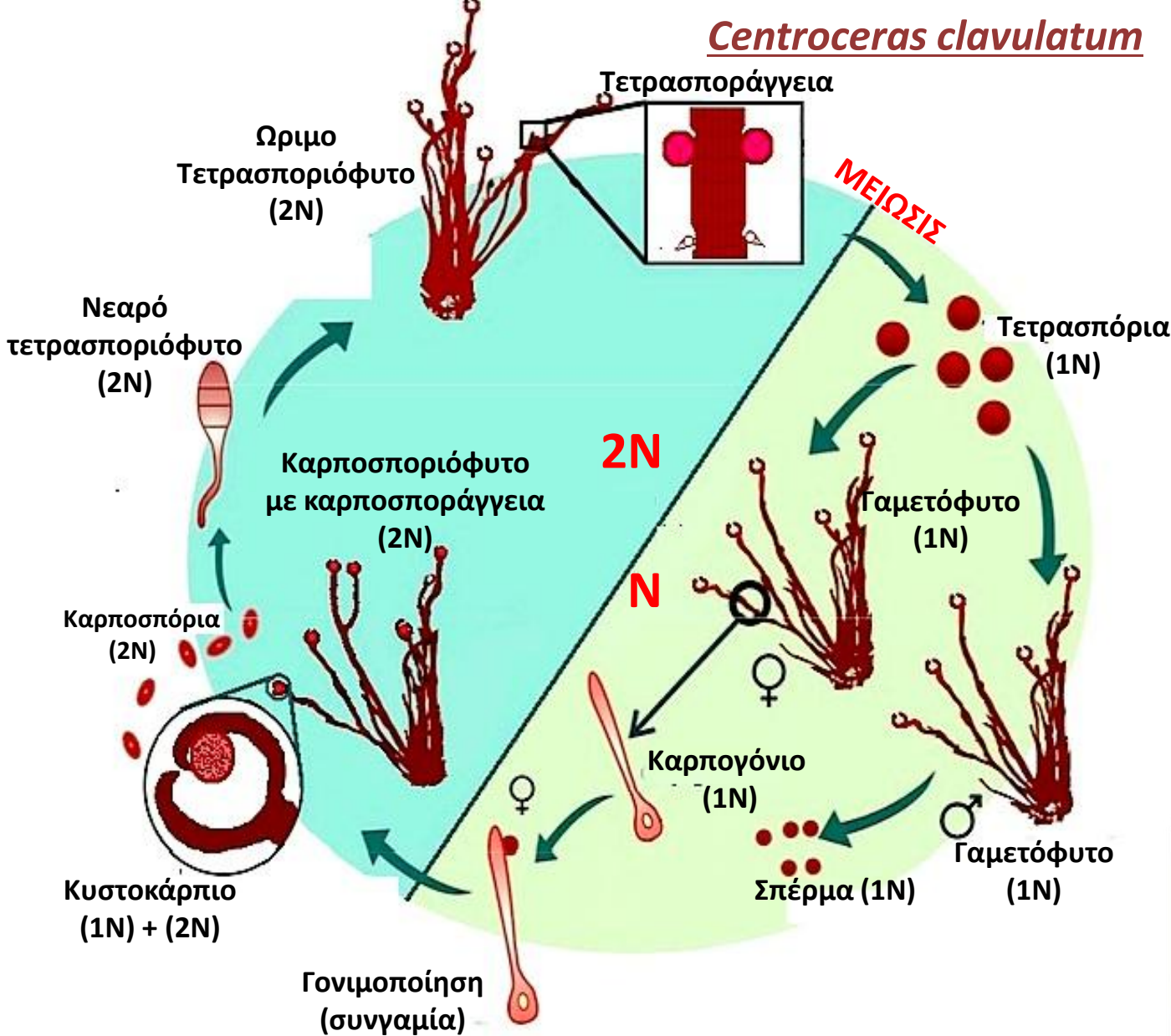
Centroceras clavulatum

Αναπαραγωγή των
φυκών

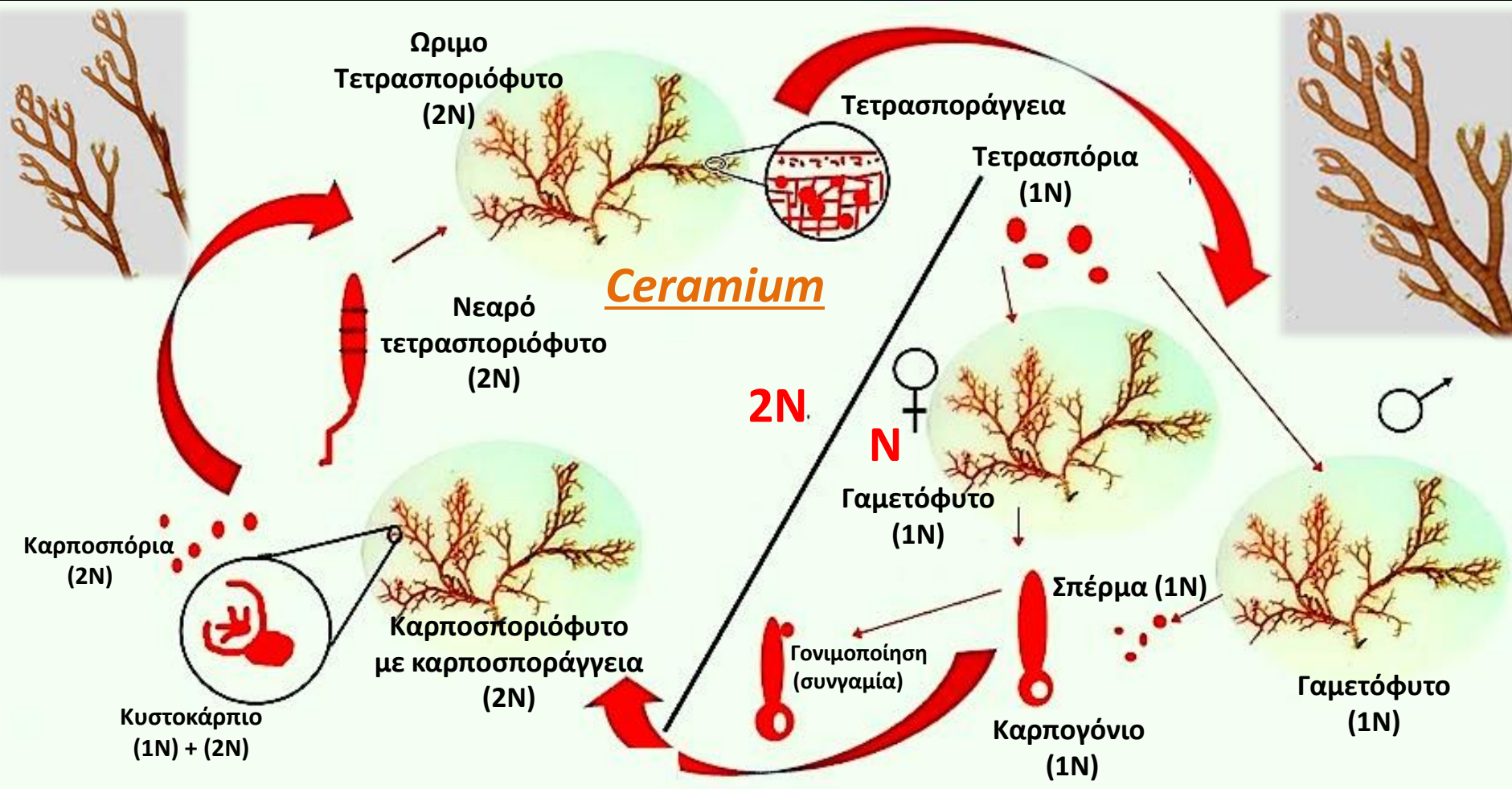
64

Εγγενής – Απλο-
διπλοβιοτικός κύκλος
ζωής,
Γαμετόφυτο-
καρποσποριόφυτο-
τετρασποριόφυτο

Μακροφύκη
(Ροδοφύκη-
Centroceras)
τριφασική –
ισομορφική
εναλλαγή γενεών

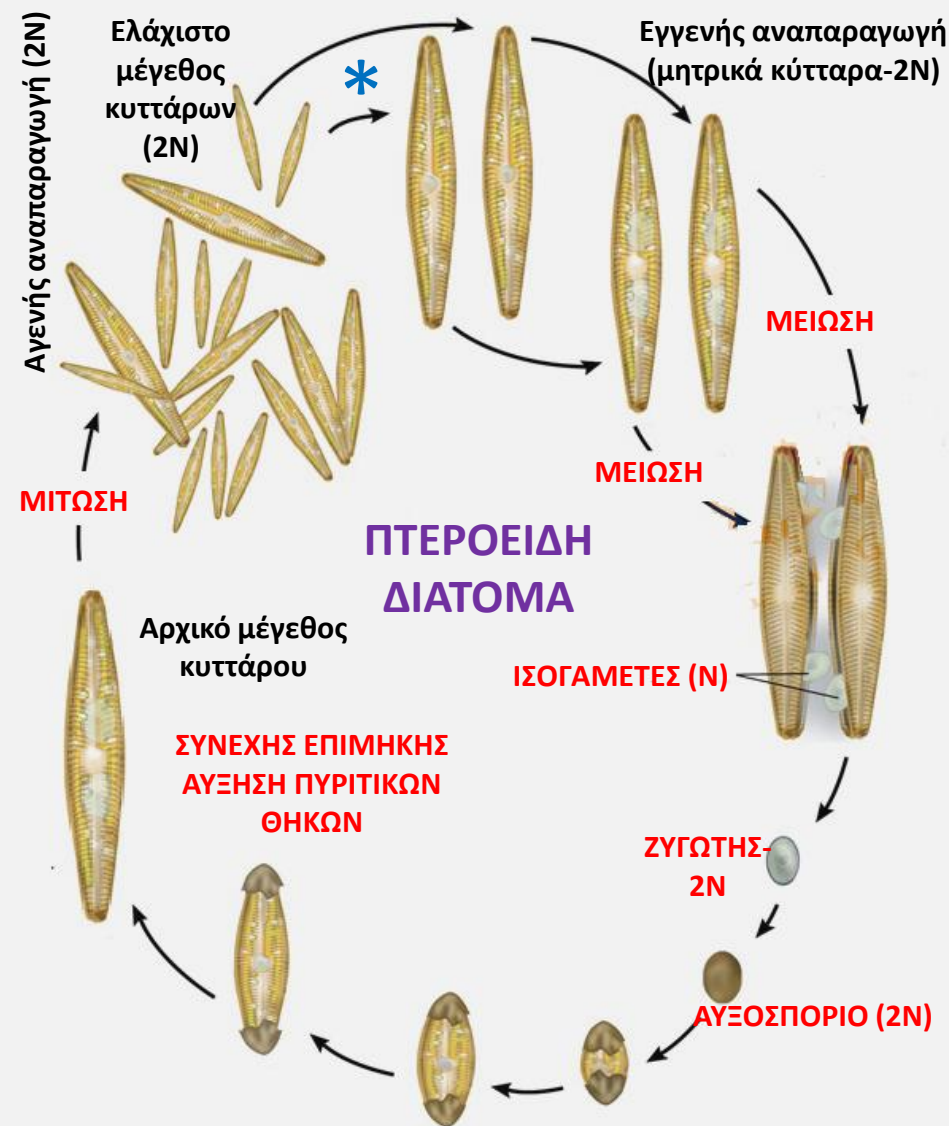


Αναπαραγωγή των φυκών, Εγγενής – Απλο-διπλοβοιτικός κύκλος ζωής,
 Γαμετόφυτο-καρποσποριόφυτο-τετρασποριόφυτο
 Μακροφύκη (Ροδοφύκη-*Ceramium*) τριφασική – ισομορφική εναλλαγή γενεών



Αναπαραγωγή των φυκών

Μικροφύκη - μονοκύτταρα-πλαγκτονικά-ΠΤΕΡΟΕΙΔΗ ΔΙΑΤΟΜΑ Βλαστητική & εγγενής-(γαμεταγγειογοναμία-ζυγώτης-αυξοσπόριο)



Τα πτεροειδή (pennate) διάτομα αναπαράγονται **βλαστητικώς** με απλές κυτταρικές (μιτωτικές) διαιρέσεις. Με αυτό τον τρόπο όμως τα θυγατρικά κύτταρα σταδιακώς μικραίνουν. Όταν καταλήξουν σε ένα ορισμένο ανά είδος **ελάχιστο μέγεθος** ενεργοποιείται η **εγγενής** αναπαραγωγή με κίνηση και κατάλληλη ένωση δύο **γαμετοπαραγωγών** κυττάρων (**γαμεταγγειογοναμία**). Με **μειωτική** διαίρεση του κάθε πυρήνα παράγονται από **4 απλοειδείς «πυρήνες»**. Από αυτούς ένας επιβιώνει στο καθένα από τα κύτταρα που ενώνονται (συζευγνύονται). Ο πυρήνας που απέμεινε συμπεριφέρεται ως γαμέτης (N). Μέσω των ανοιγμένων θυρίδων τους με ένωση των πρωτοπλάσμάτων και των πυρήνων που εμπεριέχονται δημιουργείται ένα **διπλοειδές αυξοσπόριο** το οποίο μεγαλώνοντας επανακτά το αρχικό μέγεθος του διατόμου.

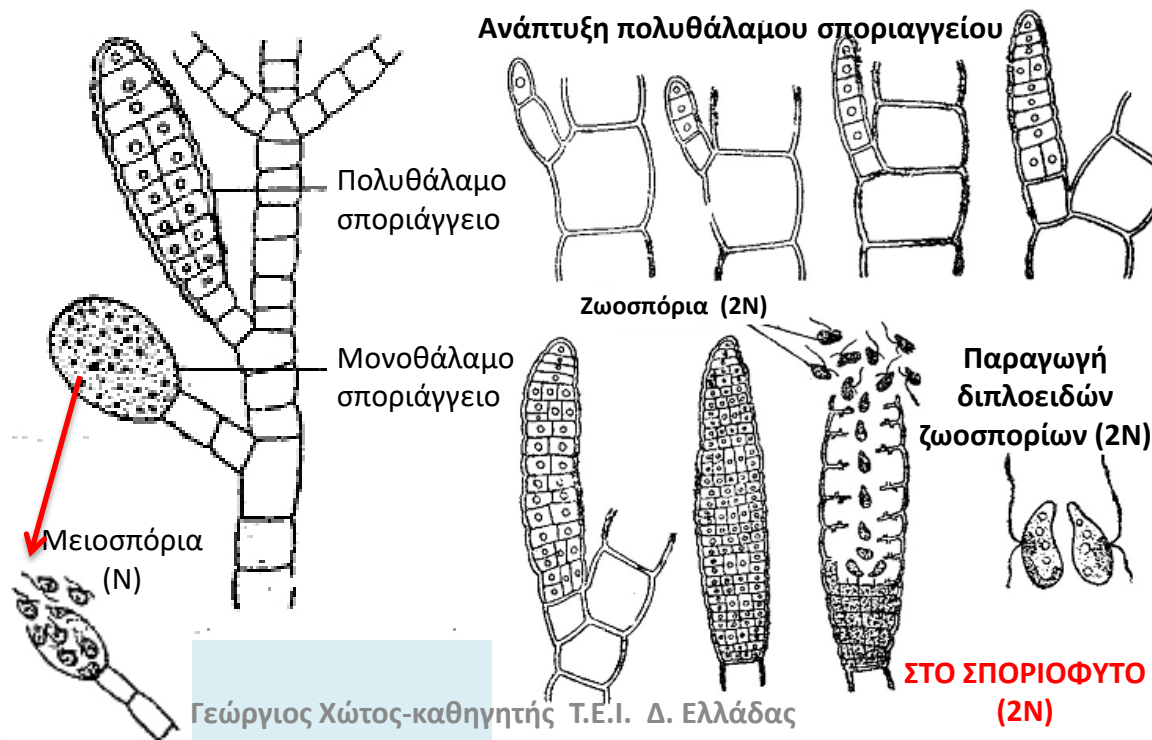
*Σημείωση: Έχει γίνει τεχνητώς μεγέθυνση των κυττάρων για την καλλίτερη απεικόνιση στο σχήμα της διαδικασίας της αναπαραγωγής.

Η αναπαραγωγή στα φαιοφύκη-1 (Heterokontophyta-Phaeophyceae-Ectocarpales)

Η μεγάλη κατηγορία των **φαιοφυκών** επιδεικνύει μια αξιοπρόσεκτη διαφοροποίηση στα αναπαραγωγικά της όργανα και τη δυνατότητα αυτά να παράγουν είτε **δι-μαστιγωτά** σπόρια (**ζωοσπόρια**), είτε **μειοσπόρια** (με μείωση) για **αγενή**, είτε δι-μαστιγωτούς **γαμέτες** (γαμετοσπόρια) για **εγγενή** αναπαραγωγή.

Τα αναπαραγωγικά όργανα είναι στην ουσία τους πλευρικά εξογκώματα του νηματοειδούς διακλαδισμένου θαλλού και ονομάζονται **σποριάγγεια** όταν βρίσκονται σε διπλοειδή σποροφυτικό θαλλό (**σποριόφυτο**) ή **γαμετάγγεια** όταν βρίσκονται σε απλοειδή γαμετοφυτικό θαλλό (**γαμετόφυτο**). Σποριόφυτο και γαμετόφυτο είναι μορφολογικώς πανομοιότυπα (**ισομορφική εναλλαγή γενεών**). Ως τυπική περίπτωση αναφέρεται το γένος ***Ectocarpus***.

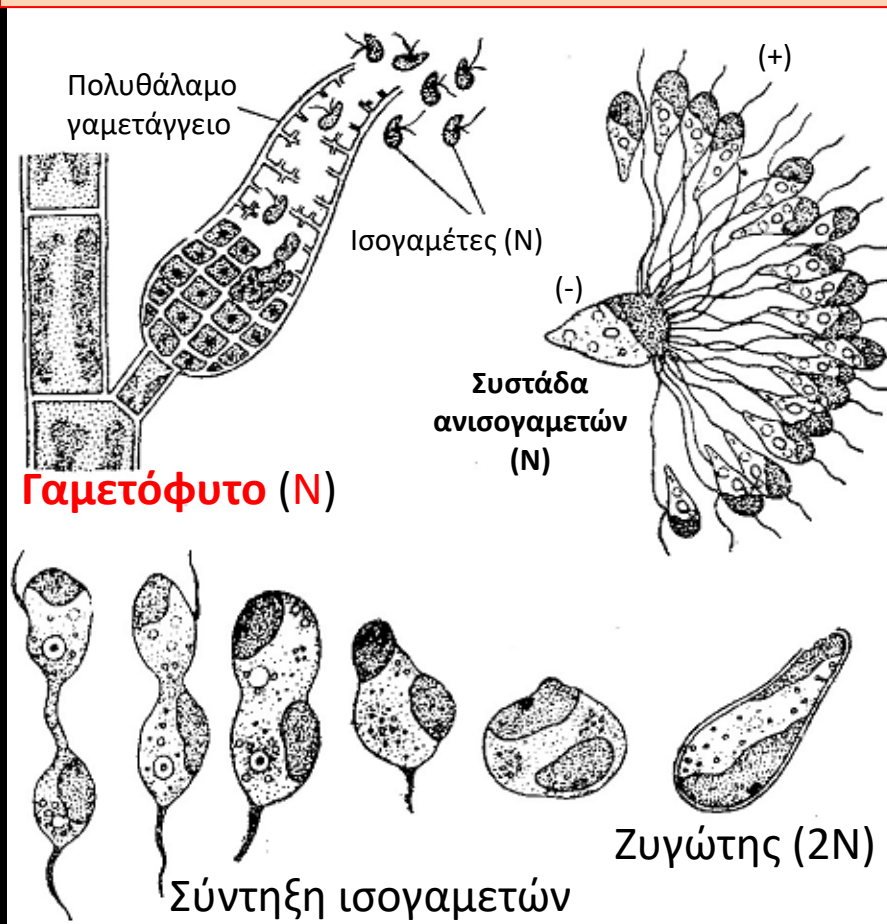
Τα **σποριάγγεια** διακρίνονται σε **μονοθάλαμα** (unilocular) ή σε **πολυθάλαμα** (plurilocular). Το μονοθάλαμο σποριάγγειο είναι σφαιροειδούς μορφής και παράγει μιτωτικώς πολλά σπόρια από ένα αρχικό κύτταρο ενώ το πολυθάλαμο σποριάγγειο είναι πολυκύτταρο επίμηκες και παράγει σπόρια από όλα τα κύτταρά του.



Α. Στα **πολυθάλαμα** σποριάγγεια του σποριόφυτου παράγονται με **μιτώσεις** διπλοειδή ζωοσπόρια (2N) τα οποία **αναπτύσσονται** υποχρεωτικώς σε νέο σποριόφυτο (2N) που θα **ξαναπαράγει** μονο- και πολύ-θάλαμα σποριάγγεια.

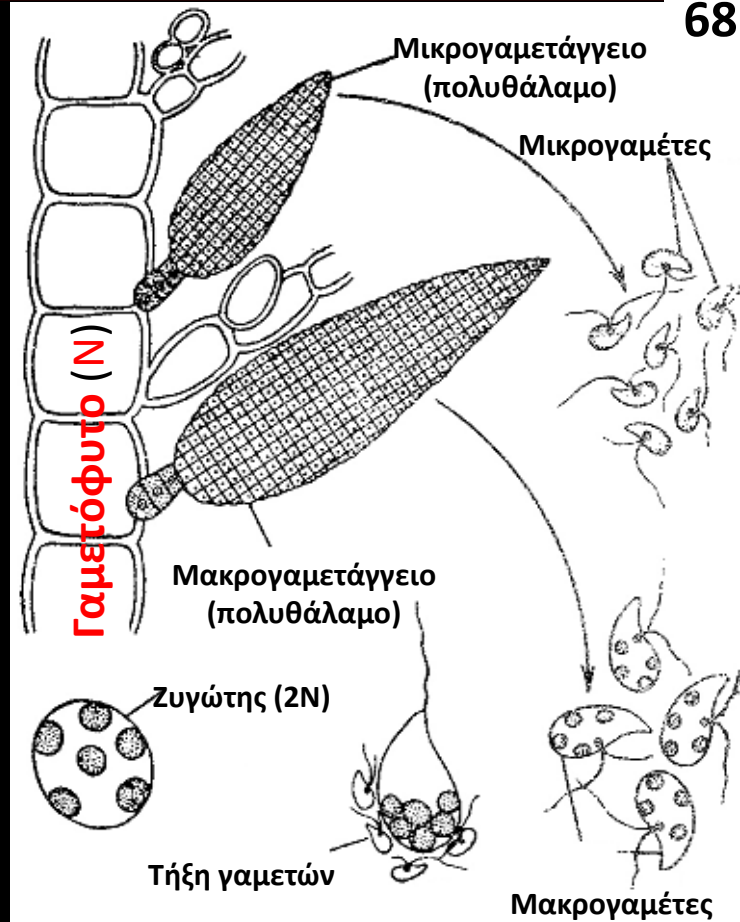
Β. Στα **μονοθάλαμα** σποριάγγεια του σποριόφυτου με **μείωση** και μετά με **μιτώσεις** παράγονται **απλοειδή μειοσπόρια** (N) τα οποία αναπτύσσονται σε **γαμετόφυτο** (N).

Γ. Το **γαμετόφυτο** αναπτύσσει **μόνο** πολυθάλαμα σποριάγγεια από τα οποία παράγονται **απλοειδείς δι-μαστιγωτοί γαμέτες** (N).



Ectocarpus siliculosus

Ectocarpus secundus

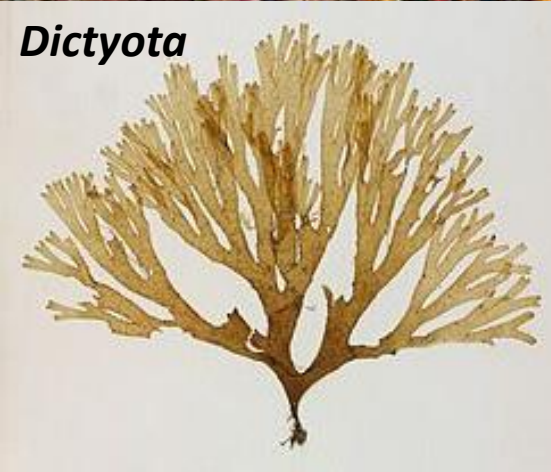


Στο **γαμετόφυτο (N)** του *Ectocarpus* αναπτύσσονται **μόνο πολυθάλαμα σποριάγγεια** τα οποία παράγουν δι-μαστιγωτά σπόρια-γαμέτες οι οποίοι ελευθερούμενοι στο νερό **συντήκονται** και παράγουν τον διπλοειδή ζυγώτη που θα αναπτυχθεί σε σποριόφυτο (2N). Ανάλογα με τα διάφορα είδη *Ectocarpus* οι γαμέτες (+) και (-) τύπου μπορεί να προέρχονται και από διαφορετικούς θαλλούς και διακρίνουμε **ισογαμία** όταν συντήκονται γαμέτες ίδιου μεγέθους, ή **ανισογαμία** όταν ο ένας τύπος γαμέτη είναι μεγαλύτερος. Στην ανισογαμία οι μικρότεροι γαμέτες **συσσωρεύονται** γύρω από ένα μεγάλο γαμέτη και τελικά ένας μόνο συντήκεται με τον μεγάλο. Οι **μικρογαμέτες** παράγονται από μικρότερα γαμετάγγεια (**μικρογαμετάγγεια**), ενώ οι **μακρογαμέτες** από **μακρογαμετάγγεια**.

Dictyota



Dictyota

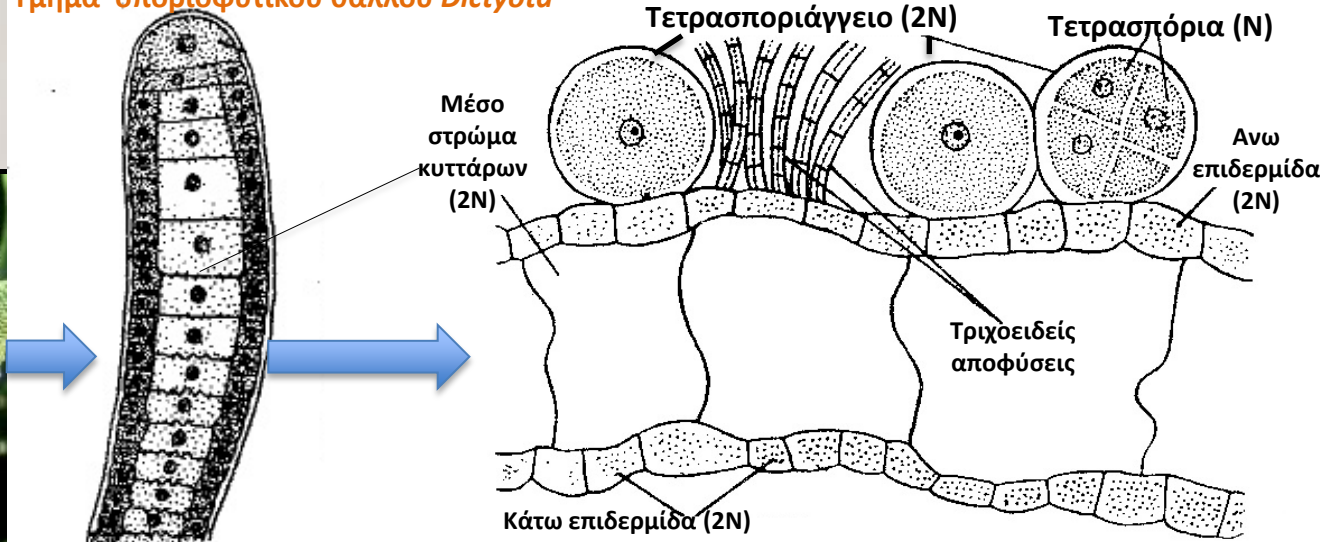


Dictyota



Στα είδη του γένους ***Dictyota*** της Τάξης Dictyotales των φαιοφυκών, παρουσιάζεται όπως και στο *Ectocarpus* **ισομορφική εναλλαγή γενεών** με πανομοιότυπα μορφολογικώς **σποριόφυτο** (2N) και **γαμετόφυτο** (N), όμως κατά την **αγενή** αναπαραγωγή το σποριόφυτο με τα **άνευ μαστιγίων** σπόρια που παράγει (**τετρασπόρια**) και τα οποία είναι **απλοειδή** (N) καθώς προέκυψαν από μειωτική διαίρεση, δίδει γένεση (ανάπτυξη των ελευθερούμενων τετρασπορίων) μόνο σε απλοειδές **γαμετόφυτο** (ένα γαμετόφυτο από μιτωτικές διαιρέσεις ενός τετρασπορίου). Τα τετρασπόρια δημιουργούνται ανά **τετράδες** μέσα σε ειδικές εξογκωματικές σφαιροειδείς επιδερμικές κατασκευές του σποριοφυτικού θαλλού, τα **τετρασποριάγγεια**.

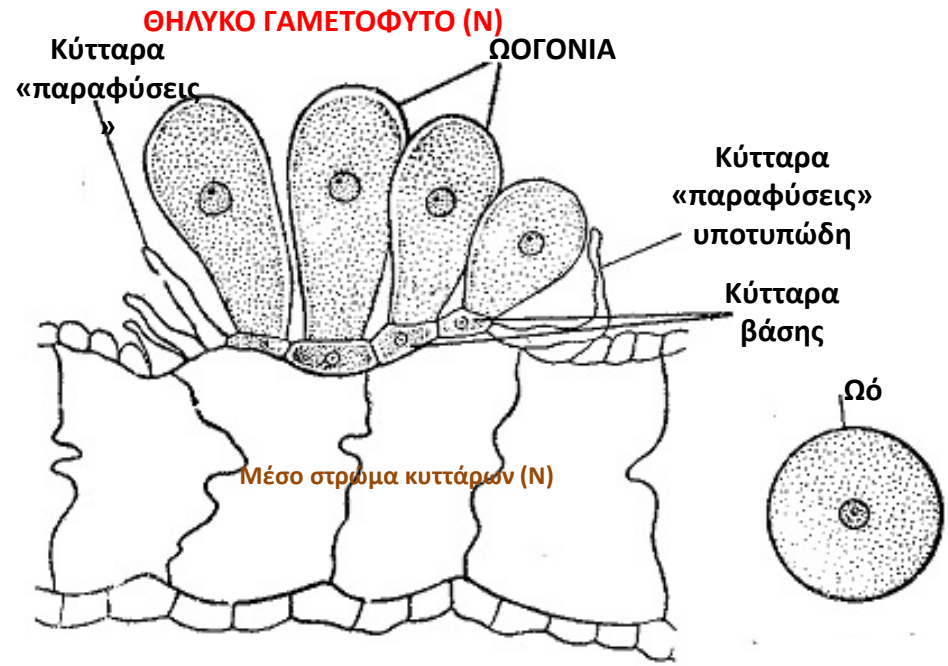
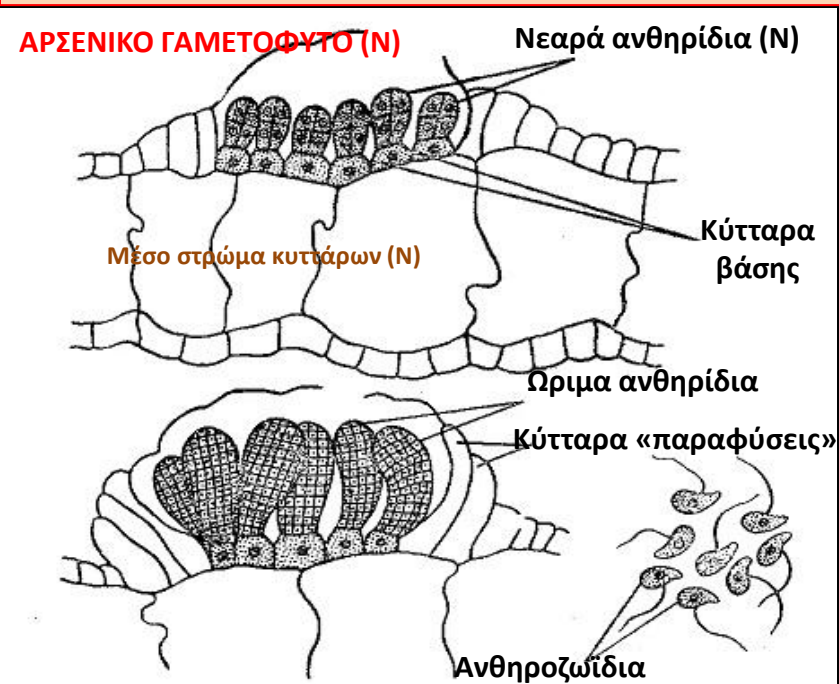
Τμήμα σποριοφυτικού θαλλού *Dictyota*



Η αναπαραγωγή στα φαιοφύκη-4 (Heterokontophyta-Phaeophyceae-Dictyotales)

70

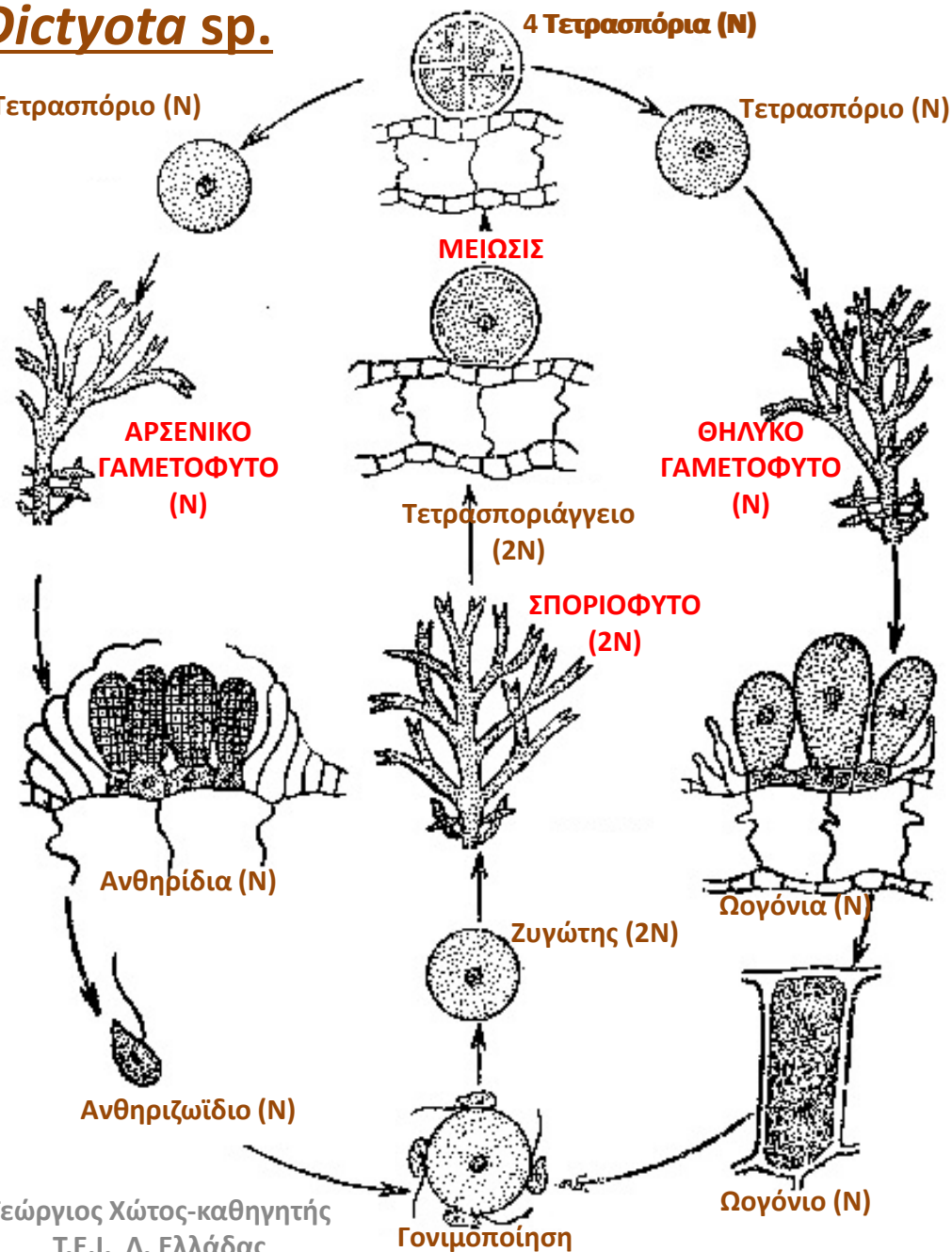
Γεώργιος Χύτος-καθηγητής, Τ.Ε.Ι. Δ. Ελλάδας



Τα αναπαραγωγικά όργανα στο *Dictyota* περιλαμβάνουν εξογκωματικούς σχηματισμούς της επιδερμίδας σε **συστάδες-σωρούς (sori) γαμεταγγείων** και διακρίνονται σε **ανθηρίδια** και **ωογόνια**, σε ξεχωριστά γαμετόφυτα (δηλαδή ανθηρίδια σε «αρσενικά» γαμετόφυτα και ωογόνια σε «θηλυκά»). Οι σωροί των ανθηριδίων και των ωογονίων (και τα τετρασποριάγγεια επίσης) δεν ταυτίζονται μορφολογικά με τα μονο- και πολύ-θάλαμα σποριάγγεια της περίπτωσης του *Ectocarpus*. Κάθε ανθηρίδιο και ωογόνιο «ξεφυτρώνει» από ένα βλαστητικό επιδερμικό κύτταρο το οποίο κατά την πρώτη κυτταρική διαίρεση σχηματίζει το **κύτταρο βάσης** («κοτσάνι») του μελλοντικού γαμεταγγείου ενώ το άνω θυγατρικό κύτταρο με επαναλαμβανόμενες κυτταρικές διαιρέσεις σχηματίζει πολλά **σπερματικά κύτταρα** συγκροτημένα σε ανθηρίδιο (περί τα 1500 **μαστιγιοφόρα ανθηριζωΐδια-γαμέτες** απελευθερώνονται). Ο σχηματισμός του ωογονίου είναι παρόμοιος, με τη διαφορά ότι παράγεται **μόνο ένα ωό σε κάθε ωογόνιο**. Το απελευθερούμενο ωό δεν φέρει μαστίγιο και είναι πολύ μεγαλύτερο από το ανθηριζωΐδιο. Η γονιμοποίηση γίνεται στο νερό (**εξω-ωογαμία**) και ο ζυγώτης αναπτύσσεται σε σποριόφυτο (2N).

Η αναπαραγωγή στα φαιοφύκη-5 (Heterokontophyta-Phaeophyceae-Dictyotales)

Dictyota sp.



ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΦΑΙΟΦΥΚΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *Dictyota*

71

- Δύο τύποι θαλλού **σποριόφυτο (2N)**-**γαμετόφυτο (N)**
- Σποριόφυτο και γαμετόφυτο πανομοιότυπα (ισόμορφα)
- **Εναλλαγή γενεών** (σποριόφυτο-γαμετόφυτο)
- Εγγενής αναπαραγωγή μόνο
- Τα **γαμετόφυτα** προέρχονται από τα απλοειδή **τετρασπόρια** που παρήχθησαν με μείωση στα **τετρασποριάγγεια** του σποριόφυτου
- Το γαμετόφυτο παράγει είτε **ανθηρίδια** είτε **ωογόνια**
- Αρα πρόκειται για **δίοικο** είδος αρσενικά και θηλυκά γαμετάγγεια (ανθηρίδια και ωογόνια) σε ξεχωριστούς θαλλούς («αρσενικό» και «θηλυκό»)
- **Ανισογαμία**. Ο θηλυκός γαμέτης (ωό) μεγαλύτερος του αρσενικού (ανθηροζωΐδιο)
- **Ωογαμία**. Το ανθηριζωΐδιο (ένα μόνο από τα πολλά που περιτριγυρίζουν το ωό) συντήκεται με το ωό στο νερό (**εξω-ωογαμία**) και όχι στο ωογόνιο (**εσω-γαμία**) όπως συμβαίνει π.χ. στα ροδοφύκη.
- **Μαστιγιοφόρα** μόνο τα **ανθηριζωΐδια**

Σποριόφυτο *Fucus* sp.

Conceptacula

Διογκωμένα
receptacula

Ελασμα

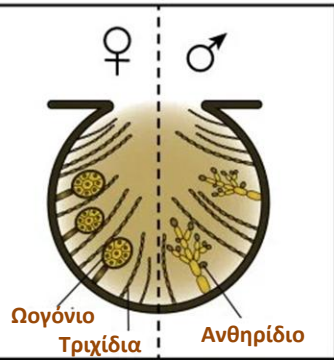
Νεύρο

Αεροκύστη

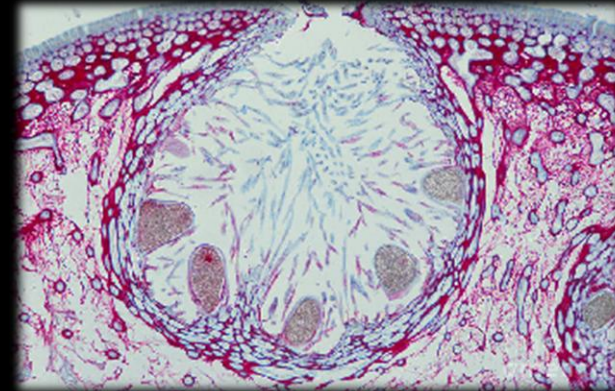
Ελασμα

Στύπος

Αρπάγη
(holdfast)



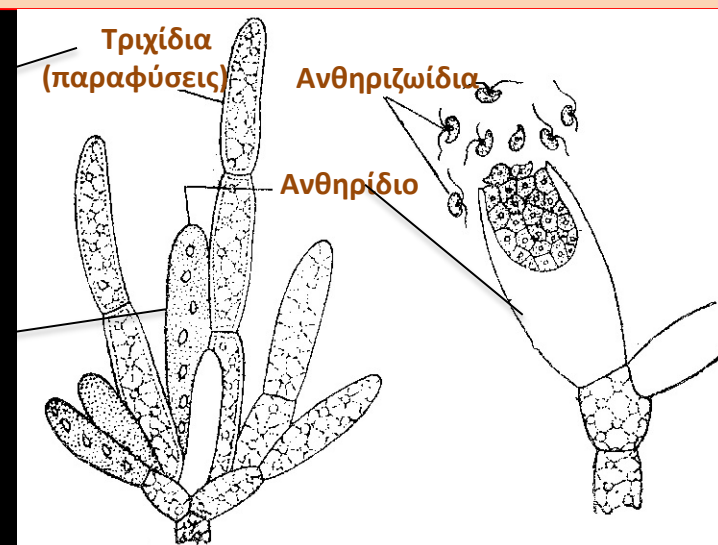
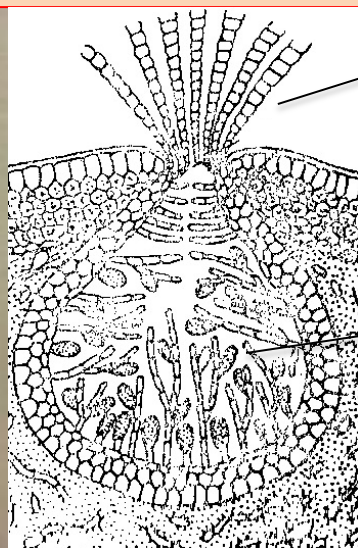
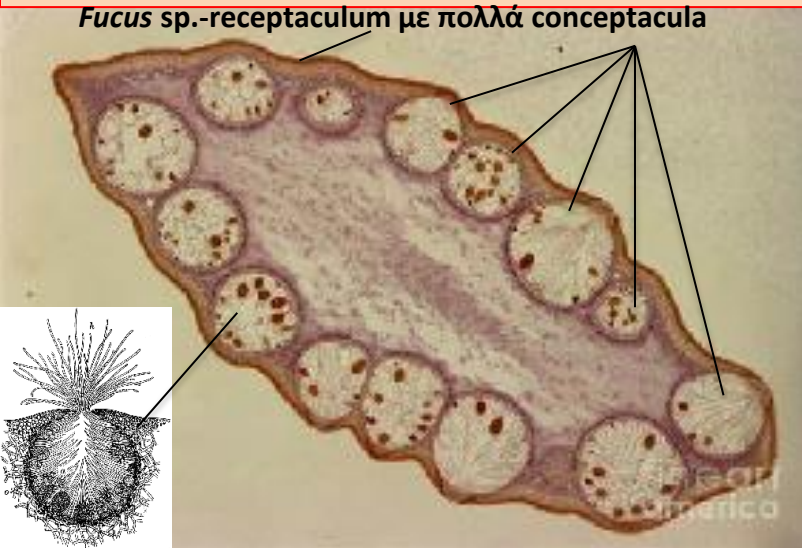
Conceptacula με ανθηρίδια σε receptaculum (άνω) και conceptaculum με ωογόνια (κάτω)



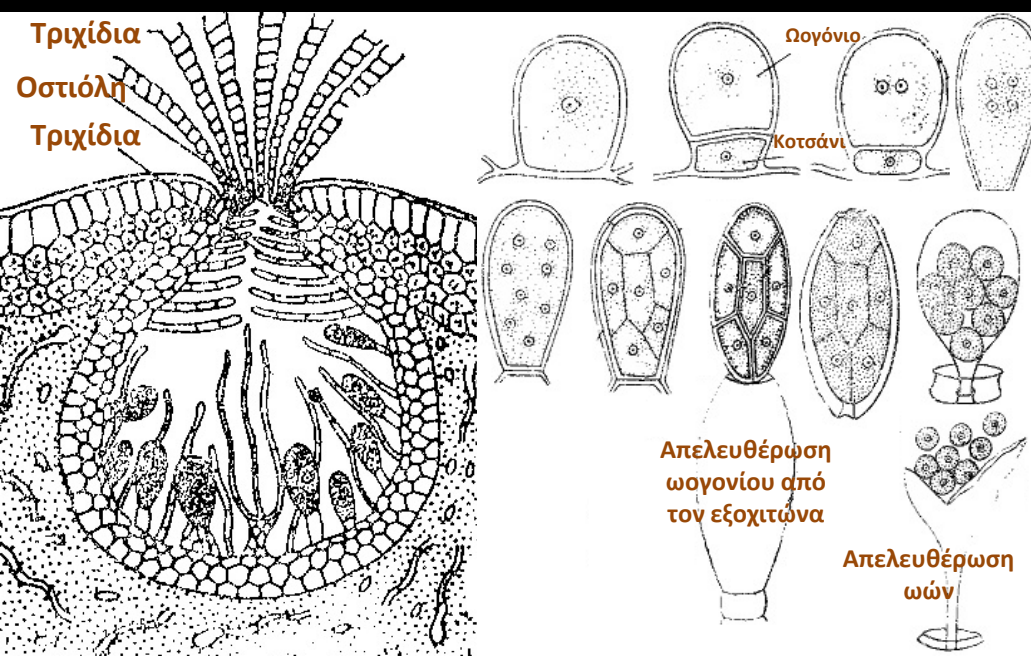
Στα είδη του γένους *Fucus* της Τάξης Fucales των φαιοφυκών, παρουσιάζεται διπλοειδής κύκλος ζωής (μόνο σποριόφυτο-2N) με εγγενή αναπαραγωγή μέσω γαμετικής μείωσης και παραγωγής αρσενικών γαμετών (δι-μαστιγωτά ανθηριζωΐδια) και θηλυκών γαμετών (α-μαστιγωτά σφαιρικά ώα) τα οποία απελευθερώνονται στο νερό και ακολουθεί η σύντηξη των γαμετών ως εξω-ωογαμία. Τα γαμετικά προϊόντα (ανθηριζωΐδια και ώα) παράγονται σε **ανθηρίδια** και **ωογόνια** τα οποία βρίσκονται είτε μαζί (στα μόνοικα είδη), είτε ξεχωριστά (στα δίοικα), σε **κοιλότητες** γνωστές ως **conceptacula** τα οποία συγκεντρώνονται σε περιοχές των ελασμάτων γνωστές ως **receptacula**.

Η αναπαραγωγή στα φαιοφύκη-5 (Heterokontophyta-Phaeophyceae-Fucales) 73

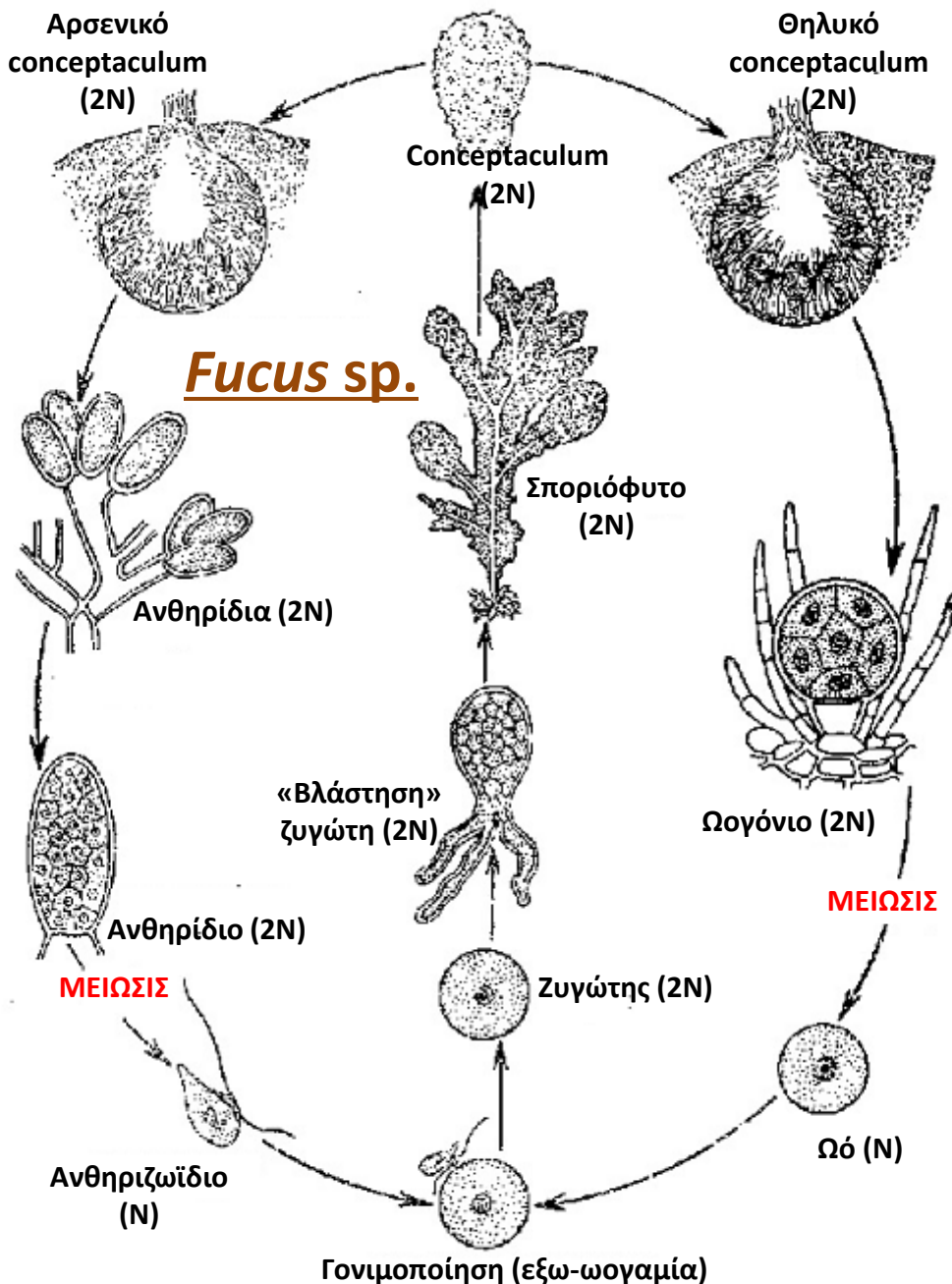
Fucus sp.-receptaculum με πολλά conceptacula



Fucus sp. - conceptaculum με ωογόνια (αριστερά) και η σταδιακή δημιουργία με μείωση και μιτώσεις, 8 ωών σε ένα ωογόνιο (δεξιά)



Στα φαιοφύκη του γένους *Fucus* (Τάξη: Fucales) υπάρχει **μόνο σποριόφυτο** (2N) και κατά την **εγγενή αναπαραγωγή** γίνεται **γαμετική μείωση** στα γαμετάγγειά του (conceptacula) στις κοιλότητες των receptacula. Στις κοιλότητες αυτές αναπτύσσονται και **τριχοειδείς παραφύσεις** κάποιες από τις οποίες εξέχουν από τον **πόρο** του receptaculum (**οστιόλη**). Στα ωογόνια σχηματίζονται δύο επικαλυπτόμενοι **χιτώνες** και σταδιακά διαλύονται επιτρέποντας την απελευθέρωση **8 ωών ανά ωογόνιο**.



ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΦΑΙΟΦΥΚΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *Fucus*

- Ένας μόνο τύπος θαλλού το διπλοειδές σποριόφυτο (2N)
- Εγγενής αναπαραγωγή μόνο
- Γαμετική μείωση χωρίς εναλλαγή γενεών
- Παράγει γαμέτες σε γαμετάγγεια, ανθηριζώϊδια στα **ανθηρίδια** και ωά στα **ωογόνια**
- Τα γαμετάγγεια αναπτύσσονται μαζικά σε **κοιλότητες** των ελασμάτων γνωστές ως **conceptacula** (ενικός: conceptaculum)
- Το τμήμα του ελάσματος που περιέχει αρκετά conceptacula ονομάζεται **receptaculum**
- Κάποια είδη **δίοικα** με αρσενικά και θηλυκά γαμετάγγεια (ανθηρίδια και ωογόνια) στο ίδιο conceptaculum και άλλα είδη **μόνοικα** με μόνο ένα τύπο ανά conceptaculum.
- **Ανισογαμία.** Ο θηλυκός γαμέτης (ωό) μεγαλύτερος του αρσενικού (ανθηριζώϊδιο)
- **Ωογαμία.** Το ανθηριζώϊδιο (ένα μόνο από τα πολλά που περιτριγυρίζουν το ωό) συντήκεται με το ωό στο νερό (**εξω-ωογαμία**)
- Από κάθε ωογόνιο παράγονται **8 ωά**
- Τα **ανθηριζώϊδια** φέρουν δύο άνισα μαστίγια