



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Δομή και Λειτουργία Φυτικών Οργανισμών (ΒΙΟΛ-152)

10^η Ενότητα

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ

ΑΝΘΟΥΣ: Ανατομική διάπλαση άνθους- Γονιμοποίηση-Καρποί και Σπέρματα- Βλάστηση

Κοτζαμπάσης Κυριάκος

Καθηγητής

Τμήμα Βιολογίας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

- Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:
 - που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
 - που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
 - που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Ενότητα 10

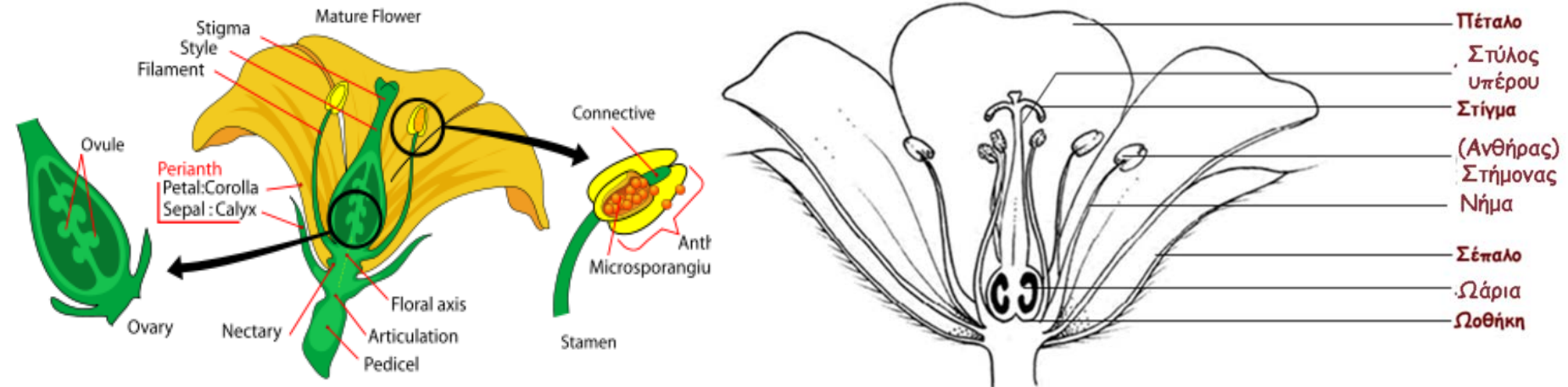
ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΑΝΘΟΥΣ

**Ανατομική Διάπλαση Άνθους – Γονιμοποίηση – Καρποί
και Σπέρματα - Βλάστηση**

Άνθος

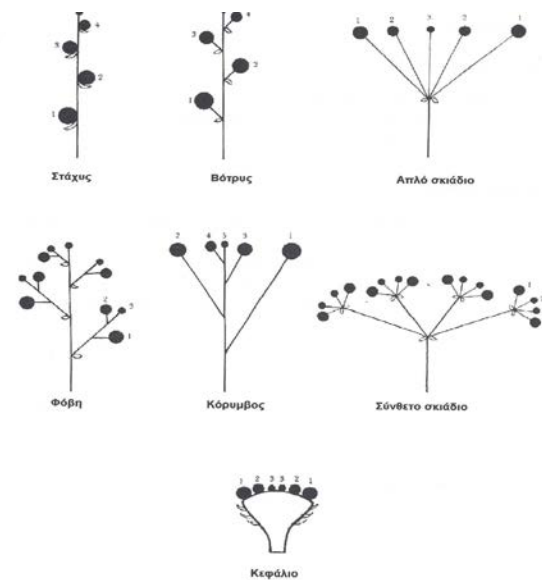
Το άνθος ανήκει στην κατηγορία των μεταμορφωμένων φύλλων και αποτελεί το χαρακτηριστικό όργανο των αγγειοσπέρμων (ανθόφυτα). Τα άνθη προέρχονται από τους **ανθοφόρους οφθαλμούς** που είναι διαφορετικοί από τους βλαστοφόρους. Άλλοτε τα άνθη εκφύονται απευθείας από βλαστό και λέγονται **επιφυή** και άλλοτε ενώνονται με το βλαστό με στέλεχος που λέγεται **ποδίσκος** (κν. κοτσάνι). Το άνθος συνίσταται από **στήμονες**, **ύπερο** και τα **καρπόφυλλα**. Στην περίπτωση ανθέων με ύπερο, στη βάση του άνθους υπάρχει και μια **ωοθήκη**. Το άνθος αποτελείται συνήθως από έναν **ανθικό άξονα** ή μια **ανθοδόχη** και από περιάνθια τμήματα μη αναπαραγωγικά (**σέπαλα** και **πέταλα**) που περιβάλλουν τους **στήμονες** και τα **καρπόφυλλα**. Κύρια λειτουργία των ανθέων είναι η αναπαραγωγή, δηλαδή η παραγωγή σπόρων.

Ο **στήμονας** αποτελείται από το **νήμα** (σποριόφυλλο) και τον **ανθήρα** (σποριάγγειο), από όπου παράγονται οι **γυρεόκοκκοι**. **Ανδρείο** ονομάζεται το σύνολο των στημώνων. **Στημονώδη** ονομάζονται οι ατροφικοί στήμονες που δεν έχουν ανθήρες. **Γυναικείο** ονομάζεται το σύνολο των υπέρων, δηλαδή η ωοθήκη, ο στήλος και το στίγμα.

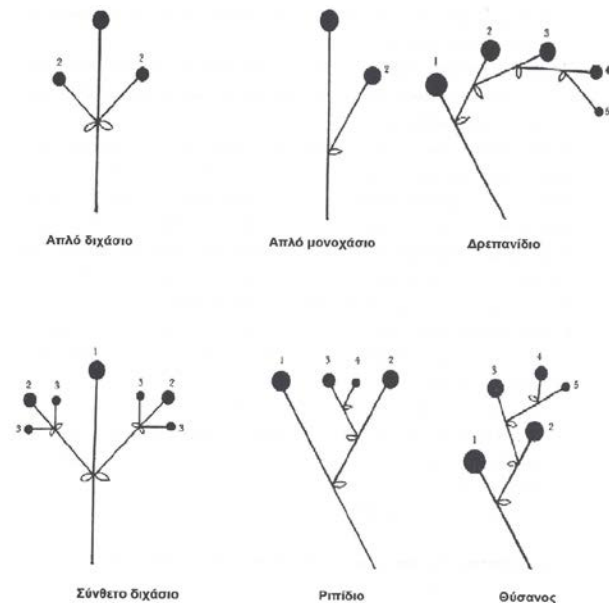


Ταξιανθίες

Ταξιανθία ονομάζουμε το σύνολο ανθών, που είναι ενωμένα και διατεταγμένα με χαρακτηριστικό τρόπο στον κύριο άξονα. Η ταξιανθία είναι χαρακτηριστική για κάθε είδος. Κάθε ταξιανθία φέρεται από ένα μίσχο που συνεχίζεται στον κύριο άξονά της, επάνω στον οποίο προσφύονται κατευθείαν τα έμμισχα ή άμισχα άνθη (**απλή ταξιανθία**) ή ο κύριος άξονας δίνει πλάγιες διακλαδώσεις, που με τη σειρά τους φέρουν άνθη (**σύνθετη ταξιανθία**). Εξάλλου οι ταξιανθίες διακρίνονται σε **βοτρυώδεις** και **κυματώδεις**. Κατά τον πρώτο τύπο ο κύριος ταξιανθικός άξονας φέρει πλάγιους ανθικούς άξονες, διακλαδιζόμενους ή όχι, που φύονται κατά μήκος του κύριου άξονα ή στην κορυφή του. Οι κυριότερες βοτρυώδεις ταξιανθίες, που είναι και οι περισσότερο κοινές, είναι ο στάχυς, ο σπάδικας, ο ίουλος, ο βότρυς, ο κόρυμβος, το σκιάδιο, το κεφάλιο. Κατά τον κυματώδη τύπο ο κύριος άξονας παύει να αυξάνει κατά μήκος και τον αντικαθιστούν πλάγιοι οι οποίοι τον ξεπερνούν. Οι κυματώδεις ταξιανθίες διακρίνονται: σε πλειοχάζιον, διχάζιο, μονοχάζιο.



Σχ. 51. Βοτρυώδεις (μονοποδικές ταξιανθίες).



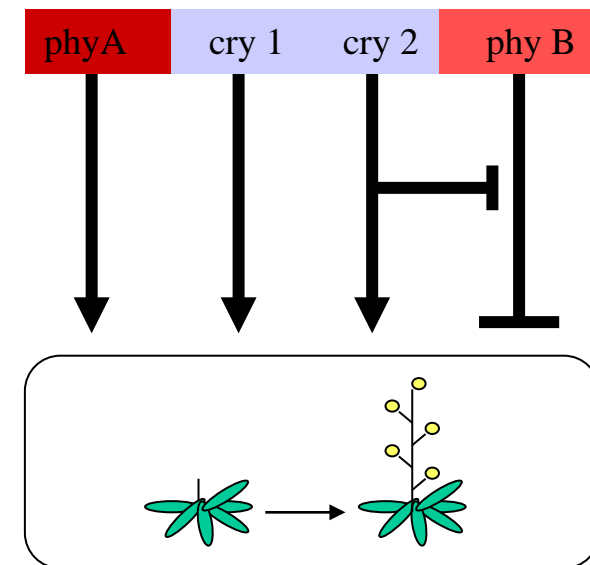
Σχ. 52. Κυματώδεις (συμποδικές ταξιανθίες).

Έναρξη της άνθησης

Η έναρξη της άνθησης μπορεί να συμβεί είτε **αυτόνομα**, όπως συμβαίνει με τα φωτοπεριοδικώς αδιάφορα φυτά, τα οποία ανθίζουν χωρίς την επήρεια εξωτερικού ερεθισμού και αφορούν περιπτώσεις πολλών αγρωστωδών ειδών σε ξηρές περιοχές ή λιβάδια, είτε αντιδρώντας στα περιβαλλοντικά ερεθίσματα. Στη χορεία των πιθανών ερεθισμάτων περιλαμβάνονται η **φωτοπερίοδος**, η **θερμοκρασία**, το **νερό** και η καταπόνηση. Σε κάποιες περιπτώσεις, η ανθική έναρξη μπορεί να ελέγχεται από τις αλληλεπιδράσεις της φωτοπεριόδου και της θερμοκρασίας.

Είναι γνωστό ότι τα φυτά έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν την εναλλαγή ημέρας – νύκτας και με την συνδρομή και άλλων περιβαλλοντικών αλλαγών, όπως της θερμοκρασίας να επάγουν την άνθιση. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες φυτών όσον αφορά την διάρκεια της φωτοπεριόδου που επάγει την άνθιση. Φυτά στα οποία επάγεται η άνθιση με μικρές φωτοπεριόδους ονομάζονται **μικρής ημέρας φυτά**, ενώ φυτά στα οποία επάγεται η άνθιση με μεγάλες φωτοπεριόδους ονομάζονται **μεγάλης ημέρας φυτά**.

Σειρά πειραμάτων που αφορούν την φωτονιακή ρύθμιση της άνθησης φυτών και των δύο κατηγοριών μπορούν να συνοψισθούν σε ένα μοντέλο όπου η άνθιση ελέγχεται θετικά από τρεις **φωτοϋποδοχείς**: Το φυτόχρωμα A (**PhyA**), αλλά και από τους κρυπτοχρωμικούς φωτοϋποδοχείς **CRY1** και **CRY2**. Το φυτόχρωμα B (PhyB) αναστέλλει γενικά την άνθιση, ενώ την αρνητική αυτή απόκριση του PhyB την περιορίζει ο φωτοϋποδοχέας CRY2.



Όργανα αναπαραγωγής στα σπερματοφύτα

Τα όργανα αναπαραγωγής των σπερματοφύτων είναι οι **στήμονες** (με τους ανθήρες) και ο **ύπερος** (με τη σπερματικές βλάστες).

Ο **ανθήρας** αποτελείται από τέσσερις **γυρεόσακκους** και το **νήμα**. Η δομή του γυρεόσακκου περιλαμβάνει:

- Την επιδερμίδα
- Το ενδοθήκιο
- Τον τάπητα
- Τα μικροσποριοκύτταρα

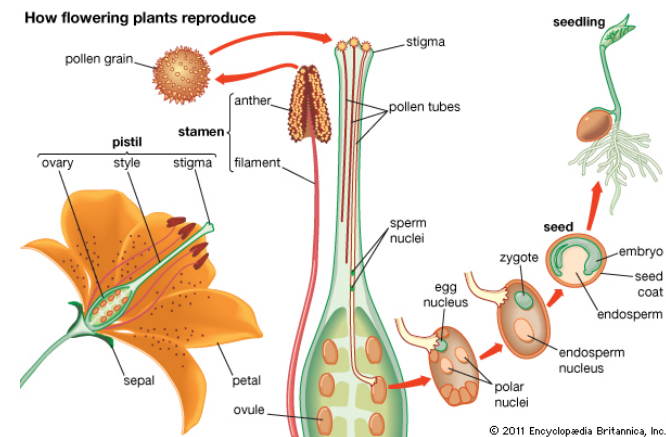
Τα μικροσποριοκύτταρα διαιρούνται με μείωση και δίνουν τέσσερα απλοειδή **μικροσπόρια**. Τα μικροσπόρια διαιρούνται με μίτωση και δίνουν τους **γυρεόκοκκους**. Κατά την ωρίμανση ανοίγει ο ανθήρας και απελευθερώνονται οι γυρεόκοκκοι.

Τα καρπόφυλλα που συγκροτούν την **ωοθήκη** περιέχουν τις **σπερματικές βλάστες**, οι οποίες είναι μακροσποράγγεια που περιβάλλονται από ορισμένα καλυπτήρια όργανα:

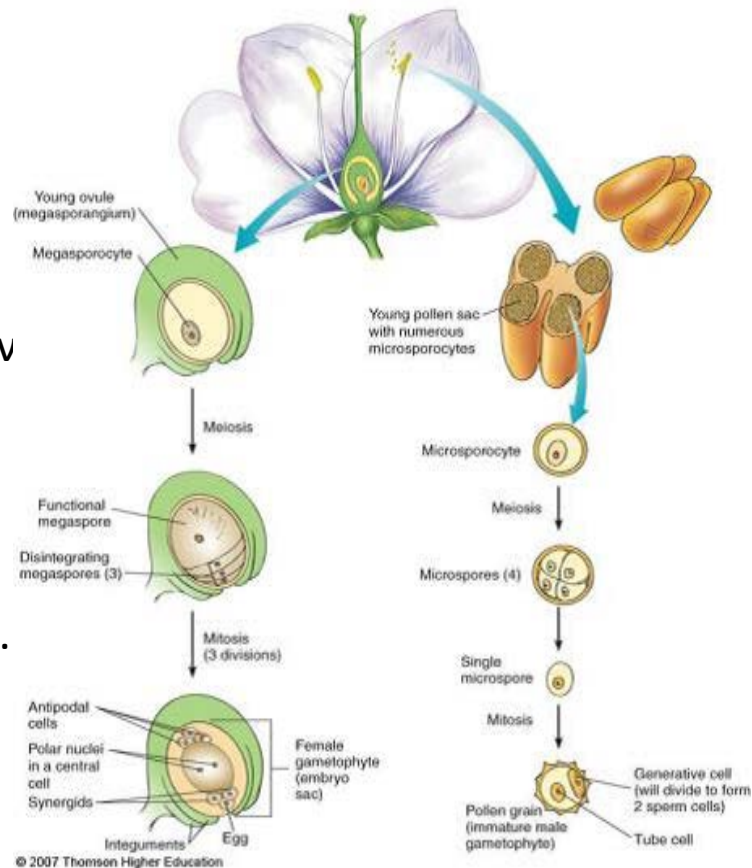
- Σπερματικός πυρήνας
- Χιτώνας εσωτερικός και εξωτερικός
- Ιμάντας (ποδίσκος που τις ενώνει με τον πλακούντα)

Ο **πλακούντας** είναι επιτοίχιος και αξονικός, **χάλαζα** είναι η περιοχή σύνδεση του ιμάντα με τους χιτώνες και **μικροπύλη** είναι το άνοιγμα των χιτώνων. Η δομή της σπερματικής βλάστης μπορεί να είναι ορθότροπη, ανάτροπη, ημιανάτροπη ή καμπυλότροπη.

Ο **εμβρυόσακκος** προέρχεται από ένα διπλοειδές κύτταρο, το μητρικό του εμβρυόσακκου. Από αυτό το κύτταρο με μειωτική διαίρεση προκύπτουν τέσσερα απλοειδή κύτταρα, τα **μεγασπόρια**. Τα τρία από τα μεγασπόρια εκφυλίζονται και στο τέταρτο κύτταρο που απομένει, ο πυρήνας διαιρείται μιτωτικά και μετά από τρεις μιτώσεις προκύπτουν συνολικά οκτώ πυρήνες σε επτά κύτταρα. Από τους οκτώ πυρήνες οι τρεις βρίσκονται κοντά στη **μικροπύλη**, οι τρεις στην άλλη άκρη του εμβρυόσακκου και οι υπόλοιποι δύο στο κέντρο του εμβρυόσακκου, έτσι σχηματίζονται έξι μονοπύρηνια κύτταρα, τρία στην κάθε άκρη του εμβρυόσακκου και ένα διπύρηνιο κύτταρο στο κέντρο του. Το κεντρικό από τα τρία κύτταρα, τα οποία είναι κοντά στη μικροπύλη, αποτελεί το **ωάριο**, ενώ τα άλλα δύο, που το πλαισιώνουν ονομάζονται **συνεργίδες**, επειδή πιστευόταν ότι συνεργούν στη γονιμοποίηση του ωαρίου. Τα τρία κύτταρα που βρίσκονται στην άλλη άκρη του εμβρυόσακκου ονομάζονται **αντίποδες** και δεν παίζουν κανένα σημαντικό πόλο, όπως άλλωστε και οι συνεργίδες. Τέλος το διπλοειδές κύτταρο στο κέντρο του εμβρυόσακκου, μετά τη γονιμοποίησή του θα δώσει το **τριπλοειδές ενδοσπέρμιο**. Το ωάριο γονιμοποιείται από το γεννητικό κύτταρο του γυρεόκοκκου και το διπύρηνιο κύτταρο από το βλαστικό.

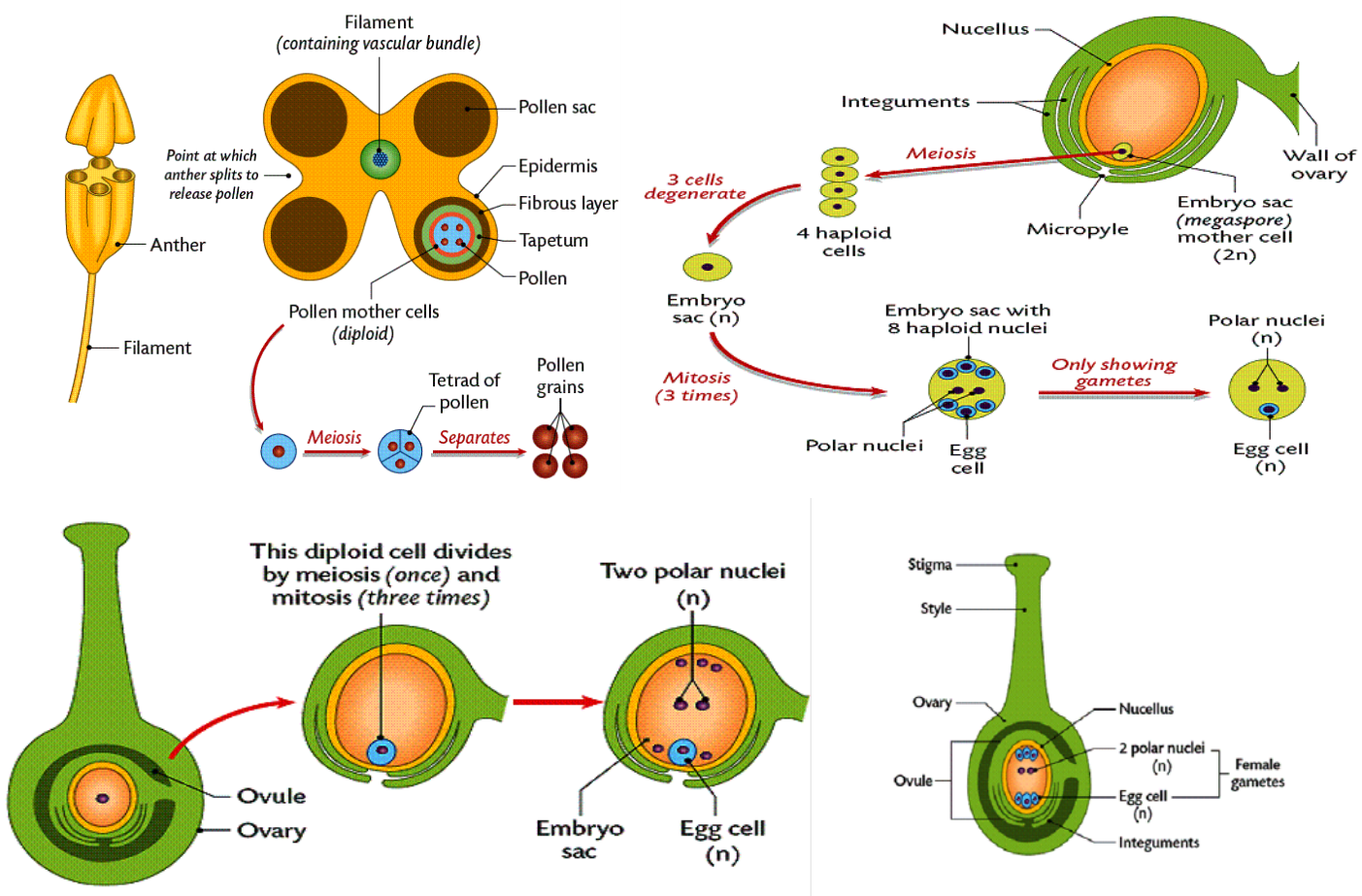


<http://www.britannica.com/science/plant-reproductive-system>



https://classconnection.s3.amazonaws.com/536/flashcards/1359536/png/egg_and_pollen1332716027586.png

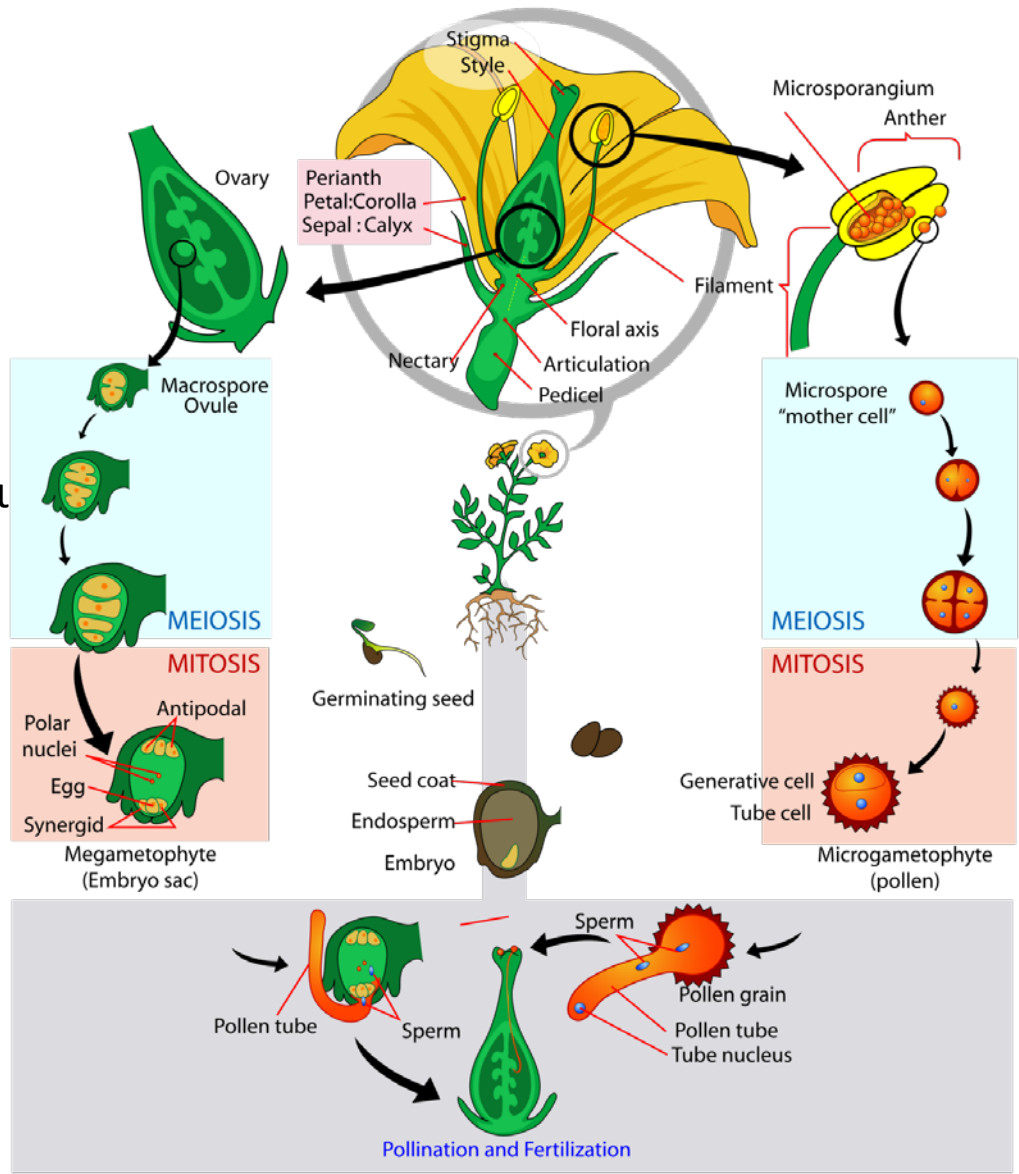
Τα μητρικά των **γυρεοκόκκων** κύτταρα δημιουργούν με μείωση τα **μειοσπόρια**. Μετά ο πυρήνας κάθε μειοσπορίου διαιρείται μιτωτικά σχηματίζοντας το **γεννητικό** και το **βλαστικό** πυρήνα. Το γεννητικό κύτταρο είναι μικρότερο και κλεισμένο μέσα στο βλαστικό. Το διπύρηνιο αυτό σύστημα περιβάλλεται από σκληρό κυτταρικό τοίχωμα και αποτελεί το **γυρεόκοκκο**. Οι γυρεόκοκκοι είναι πολύ εξειδικευμένες δομές. Το κυτταρικό τοίχωμα των επιδερμικών τους κυττάρων έχει μοναδική σύσταση, καθώς περιέχει **σποροπολλενίνη**.



Γονιμοποίηση

Για να γίνει η **γονιμοποίηση**, θα πρέπει να μεταφερθούν οι γυρεόκοκκοι από τους ανθήρες, στο στίγμα του υπέρου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **επικονίαση** και επιτυγχάνεται κυρίως με τη βοήθεια των εντόμων και του ανέμου.

Όταν φτάσει ο γυρεόκοκκος στο στίγμα του υπέρου (επικονίαση), τότε αναπτύσσεται μια προεκβολή (**γυρεοσωλήνας**), η οποία φτάνει στην **ωοθήκη**. Μέσα από την προεκβολή μεταφέρεται ο αρσενικός γαμέτης στη **σπερματική βλάστη**. Εκεί ενώνεται με το ωάριο και αποτέλεσμα να σχηματιστεί το **ζυγωτό**, το οποίο αναπτύσσεται σε φυτικό **έμβryo**. Αμέσως, η ωοθήκη αρχίζει να μεταβάλλεται σχηματίζοντας τον **καρπό**. Στον καρπό, περικλείονται ένα ή περισσότερα **σπέρματα**. Κάθε σπέρμα περικλείει ένα φυτικό έμβryo, από το οποίο θα προκύψει τον νέο φυτό.



https://en.wikipedia.org/wiki/Pollen_tube#/media/File:Angiosperm_life_cycle_diagram.svg

Στάδια γονιμοποίησης

Η επικονίαση ονομάζεται **σταυρωτή** όταν γίνεται ανάμεσα σε διαφορετικά φυτά και **αυτοεπικονίαση** όταν λαμβάνει χώρα μέσα στο ίδιο άνθος.

Βλάστηση των γυρεόκοκκων

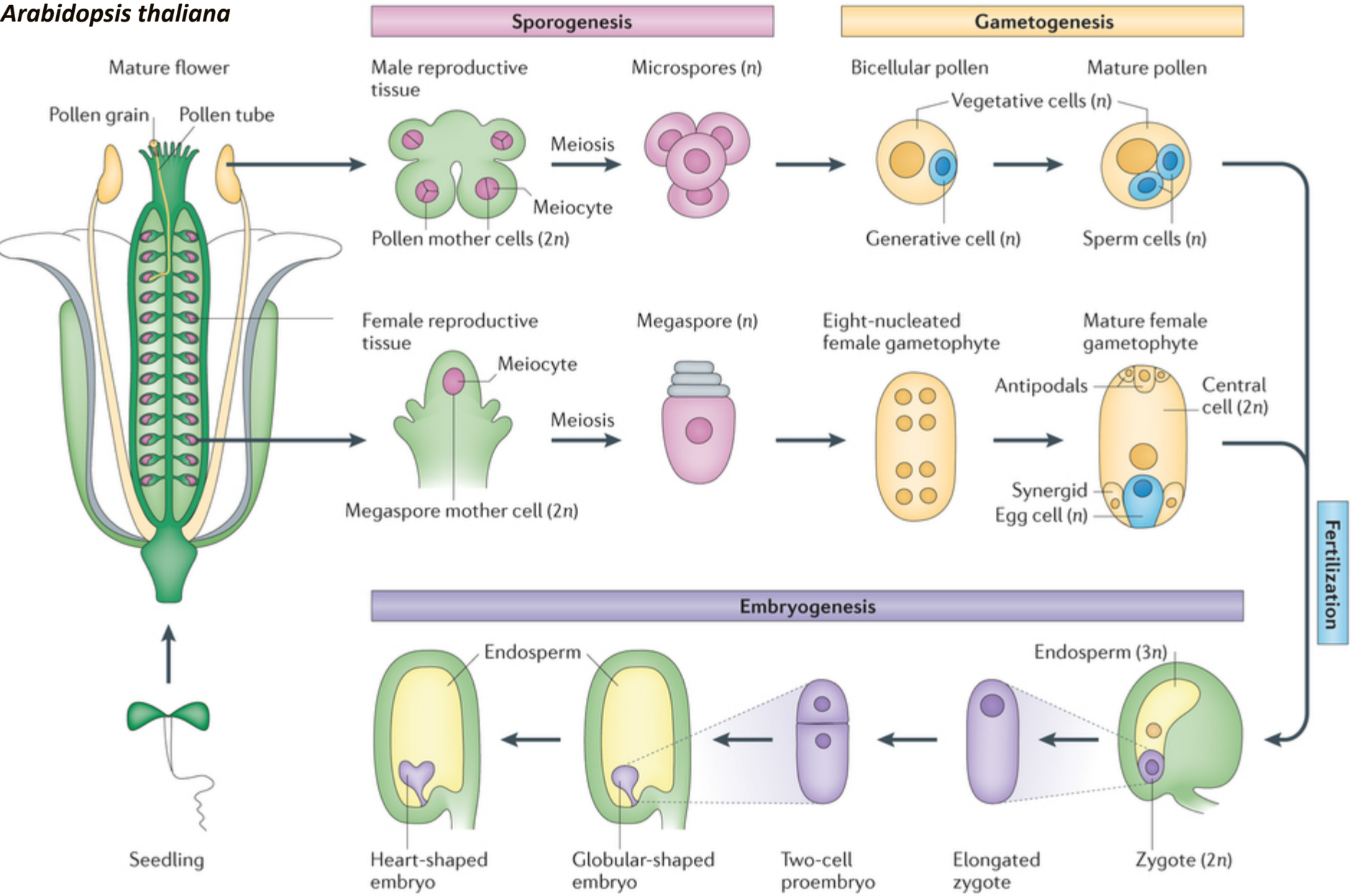
Ο γυρεόκοκκος βλαστάνει στην επιφάνεια του στίγματος. Στάδια:

1. Ο πρωτοπλάστης απορροφά νερό, διογκώνεται, περνάει τους πόρους του εξωδέρματος και μετατοπίζεται στο γυρεοσωλήνα, μια νηματώδη προβολή του ενδοδέρματος
2. Ο γυρεοσωλήνας με υδρολυτικά ένζυμα προχωράει προς την ωοθήκη
3. Ο γενετικός πυρήνας διαιρείται μιτωτικά και προκύπτουν 2 σπερμιοκύτταρα
4. Ο γυρεοσωλήνας διατρύπεί την σπερματική βλάστη
5. Στον εμβρυόσακκο ανοίγει ο γυρεοσωλήνας και ελευθερώνονται τα σπερμιοκύτταρα
6. Αποδιοργάνωση του βλαστικού πυρήνα και του κυτοπλάσματος
7. Το ένα σπερμιοκύτταρο γονιμοποιεί το ωοκύτταρο
8. Το δεύτερο σπερμιοκύτταρο ενώνεται με τον δευτερογενή πυρήνα του εμβρυοσάκκου, δημιουργείται 3η πυρήνας το ονομαζόμενο ενδοσπέρμιο «διπλή γονιμοποίηση»
9. Μαρασμός του στίγματος και του στήλου και στη συνέχεια πτώση των πετάλων

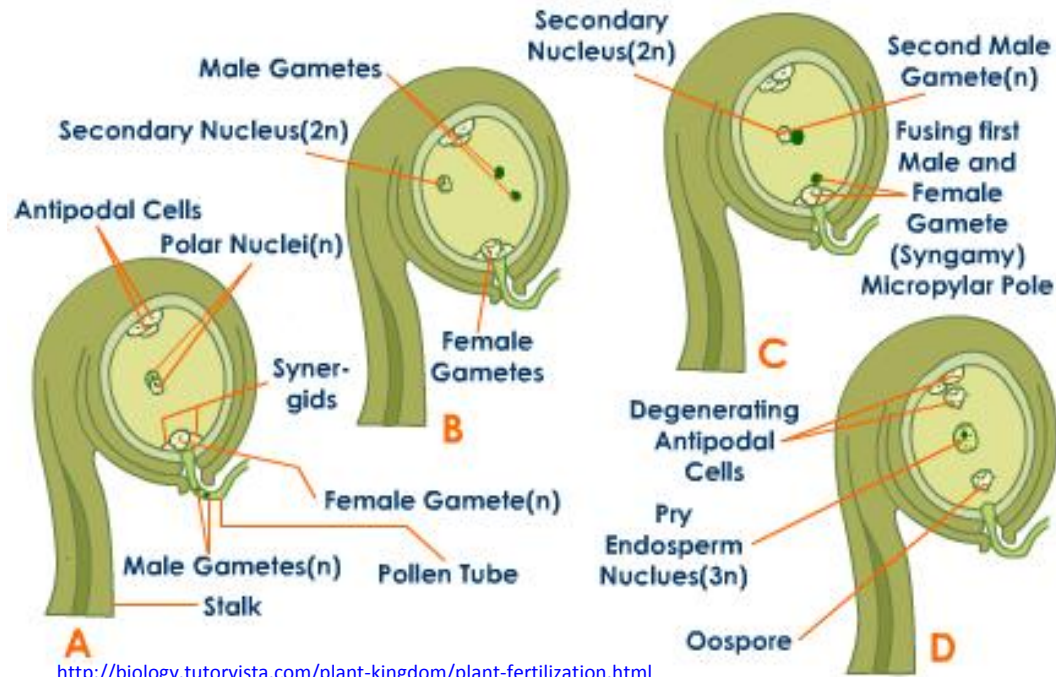
Καρποί και σπέρματα

1. Εξέλιξη του ζυγωτού σε έμβρυο
2. Σχηματισμός ενδοσπερμίου
3. Μετατροπή των χιτώνων σε περίβλημα του σπέρματος
4. Βαθμιαία αποδιοργάνωση του σπερματικού πυρήνα
5. Μετατροπή της σπερματικής βλάστης σε σπέρμα
6. Μετατροπή της ωοθήκης σε καρπό

Arabidopsis thaliana

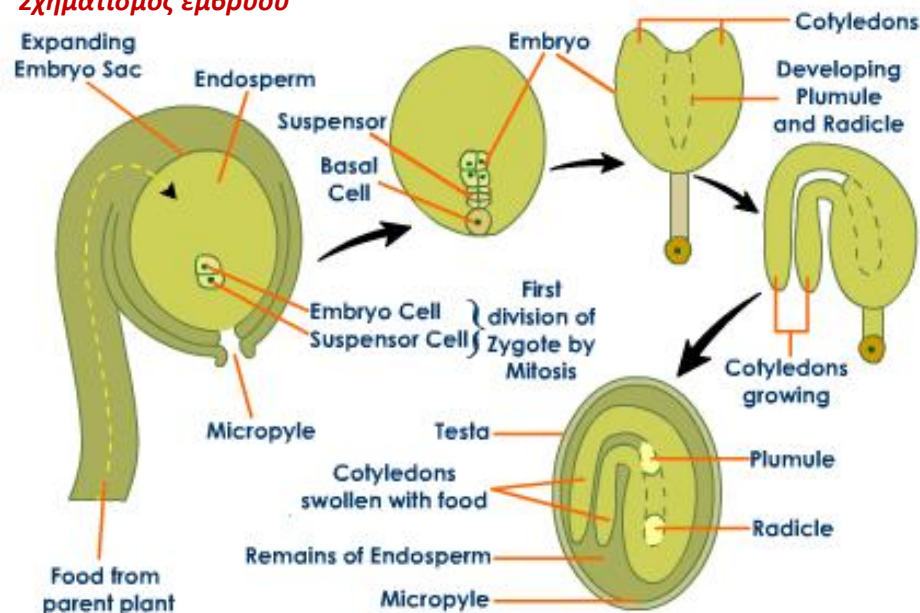


Γονιμοποίηση



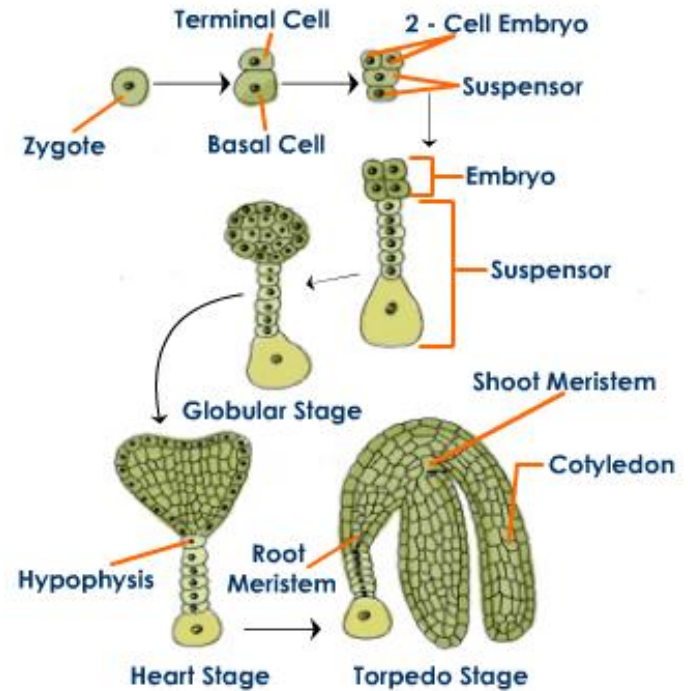
<http://biology.tutorvista.com/plant-kingdom/plant-fertilization.html>

Σχηματισμός εμβρύου



<http://biology.tutorvista.com/plant-kingdom/plant-fertilization.html>

Σχηματισμός ενδοσπερμίου

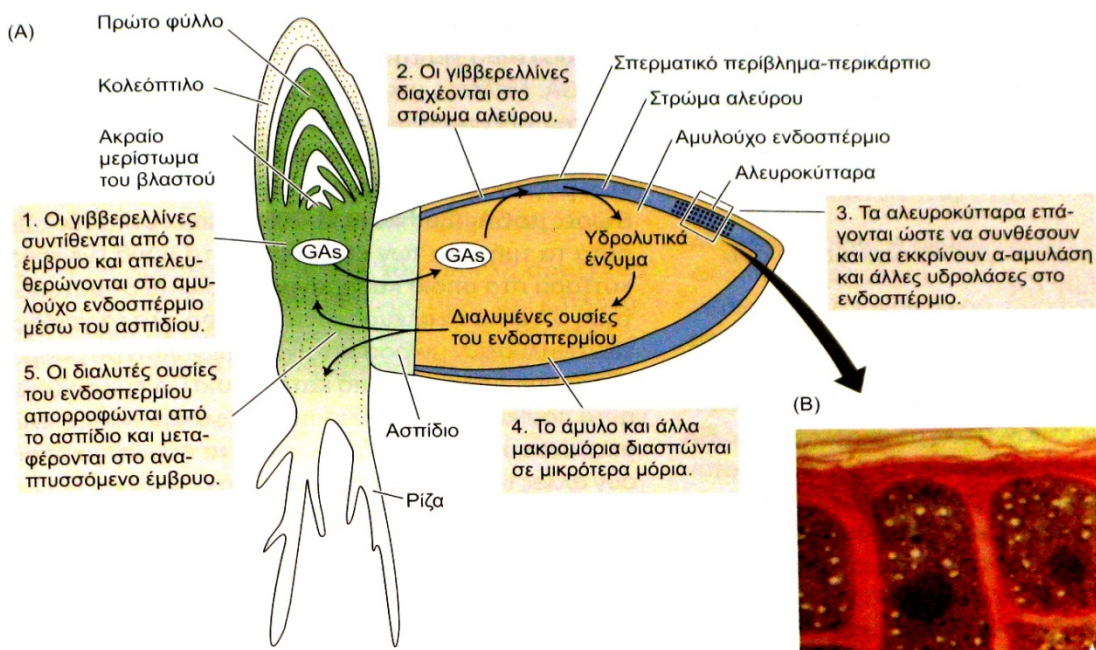


<http://biology.tutorvista.com/plant-kingdom/plant-fertilization.html>

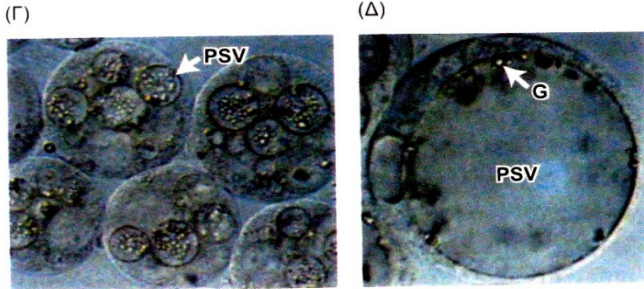
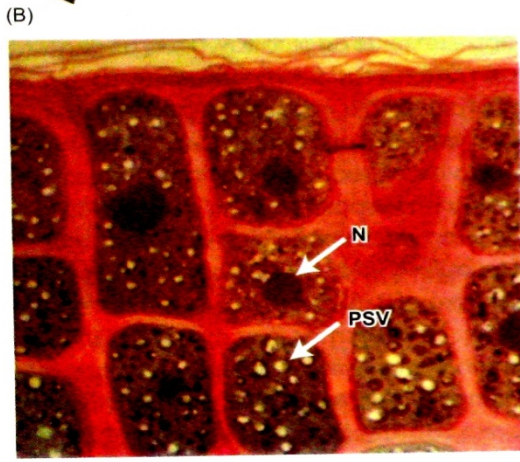
Το έμβryo αποτελεί ουσιαστικά τη μικρογραφία ενός ενήλικου φυτού. Προκύπτει από το ζυγωτό και αποτελείται από ένα μη τελειοποιημένο **βλαστίδιο**, και μία μη αναπτυγμένη ρίζα, το **ριζίδιο**. Στα σπέρματα των **μονοκότυλων** φυτών το έμβryo συνδέεται με ένα περγαμνοειδές πολύ μικρό φύλλο, που ονομάζεται **κοτυληδόνα**, ενώ στα δικότυλα φυτά το έμβryo βρίσκεται ανάμεσα σε δύο **κοτυληδόνες**. Η ύπαρξη μιας ή δύο κοτυληδόνων αντιπροσωπεύει την κύρια διαφορά ανάμεσα στις δύο μεγαλύτερες ομάδες των αγγειόσπερμων, που είναι τα μονοκότυλα και τα δικότυλα.

Βλάστηση των σπερμάτων

Ως βλάστηση των σπερμάτων χαρακτηρίζουμε την ακολουθία μιας σειράς μορφογενετικών γεγονότων, που αρχίζει με την ενυδάτωση των σπερμάτων και καταλήγει με το μετασχηματισμό του εμβρύου σε νεαρό φυτό (**αρτίβλαστο**). Η βλάστηση των σπερμάτων πραγματοποιείται μόνο όταν στο εδαφικό περιβάλλον επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας, συγκέντρωσης οξυγόνου και φωτισμού.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seed_germination.png



1. Η GA₁, από το έμβριο εισέρχεται στο αλευροκύτταρο.

2. Αφού εισέλθει στο κύτταρο, η GA₁ προκαλεί την εκκίνηση ενός μονοπατιού που εξαρτάται από ασβέστιο και καλμοδουλίνη, το οποίο είναι αναγκαίο για την έκκριση της α-αμυλάσης.

3. Η GA₁ προσδέεται στον GID1 (έναν διαλυτό υποδοχέα GA) στον πυρήνα.

4. Μετά την πρόσδεση της GA₁, ο υποδοχέας GID1 υπόκειται σε αλλοστερική τροποποίηση που διευκολύνει την πρόσδεση του στην πρωτεΐνη DELLA.

5. Μετά την πρόσδεση της πρωτεΐνης DELLA στο σύμπλοκο GA₁-GID, μια πρωτεΐνη F-Box (μέρος του συμπλόκου SCF) μπορεί τώρα να πολυοβικτινώνει την επικράτεια GRAS της πρωτεΐνης DELLA.

6. Η πολυοβικτινωμένη πρωτεΐνη DELLA αποικοδομείται από το 26S πρωτεάσωμα.

7. Μετά την αποικοδόμηση της πρωτεΐνης DELLA, ενεργοποιείται η μεταγραφή ενός πρώιμου γονιδίου. (Σε αυτό το μοντέλο, το GAMYB εμφανίζεται ως πρώιμο γονίδιο αν και υπάρχουν στοιχεία πως μπορεί να προηγείται μεταγραφική ρύθμιση άλλων πρώιμων γονιδίων.) Το mRNA του GAMYB μεταφράζεται στο κυτταρίδι.

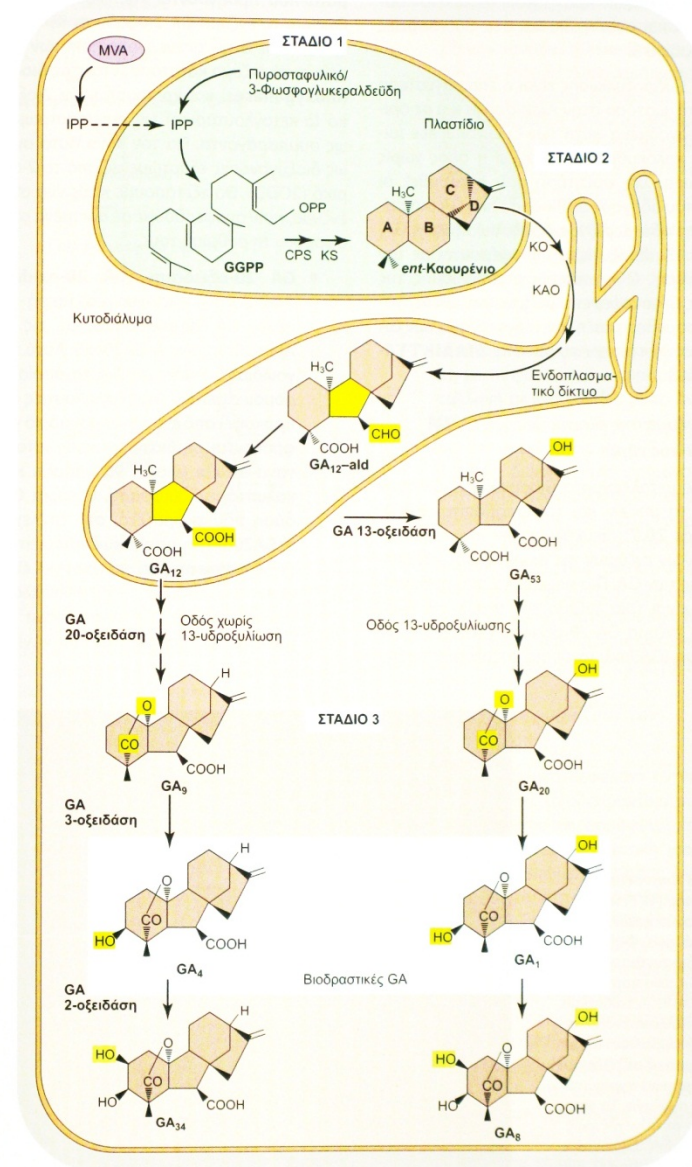
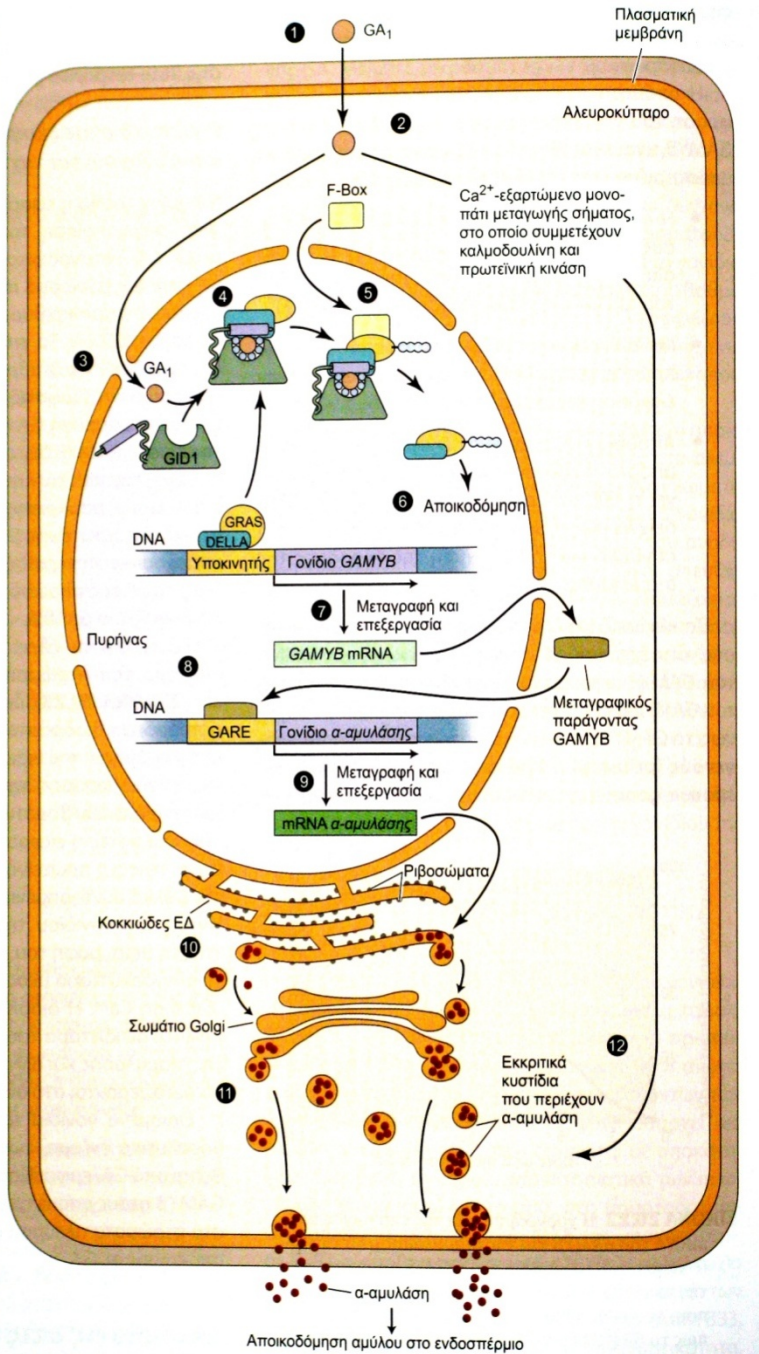
8. Ο νεοσυνθεμένος μεταγραφικός παράγοντας GAMYB εισέρχεται στον πυρήνα και προσδέεται στους υποκινητές των γονιδίων της α-αμυλάσης καθώς και γονιδίων που κωδικοποιούν άλλα υδρολυτικά ένζυμα.

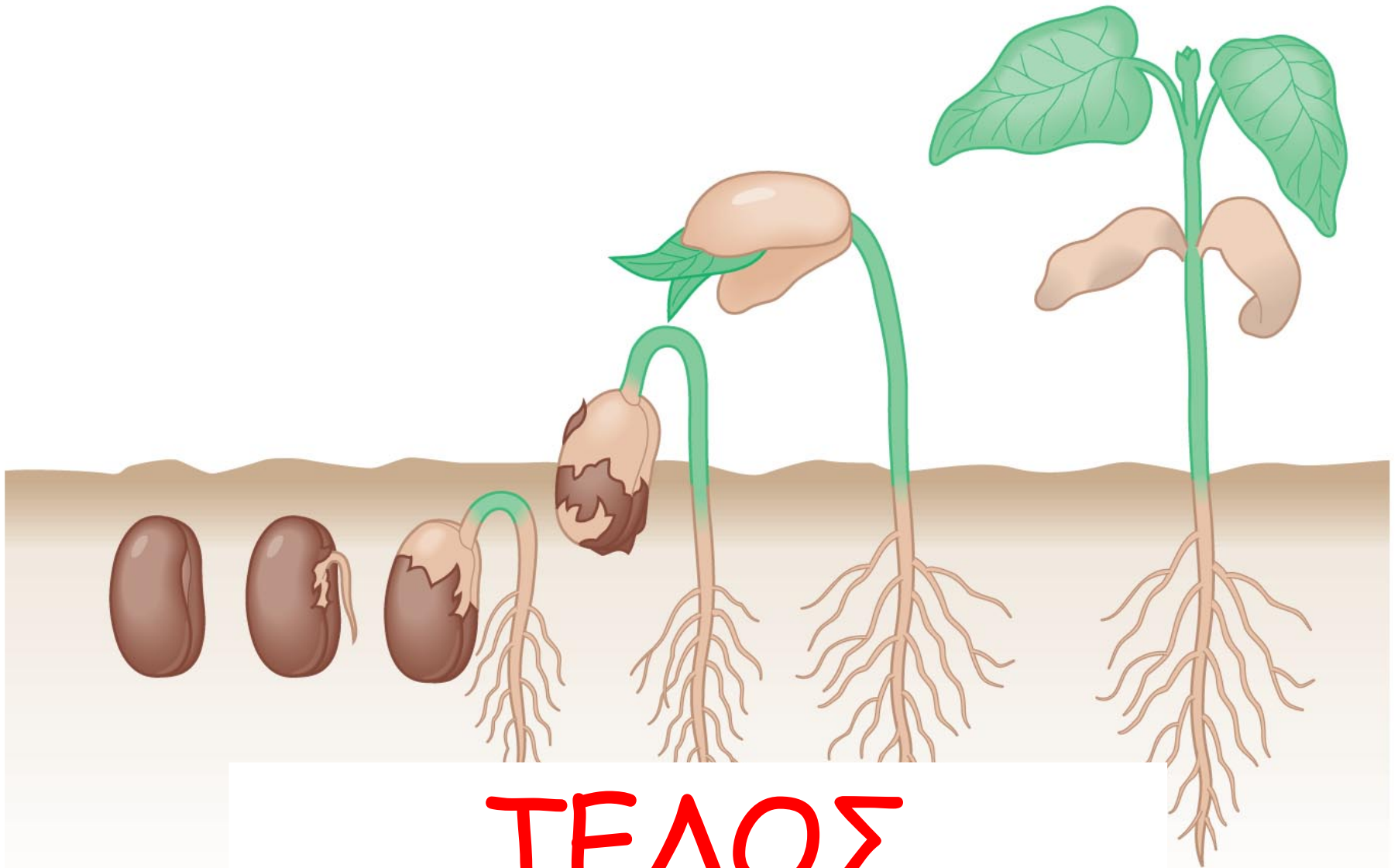
9. Ενεργοποιείται η μεταγραφή αυτών των γονιδίων.

10. Η α-αμυλάση και άλλες υδρολάσες συντίθενται στο κοκκιώδες ΕΔ, υφίστανται επεξεργασία και τακετάρονται σε εκκριτικά κυστίδια από τη συσκευή Golgi.

11. Οι πρωτεΐνες εκκρίνονται με εξωκύτωση.

12. Το εκκριτικό μονοπάτι απαιτεί τη διέγερση από GA του μονοπατιού που εξαρτάται από ασβέστιο και καλμοδουλίνη.





ΤΕΛΟΣ