

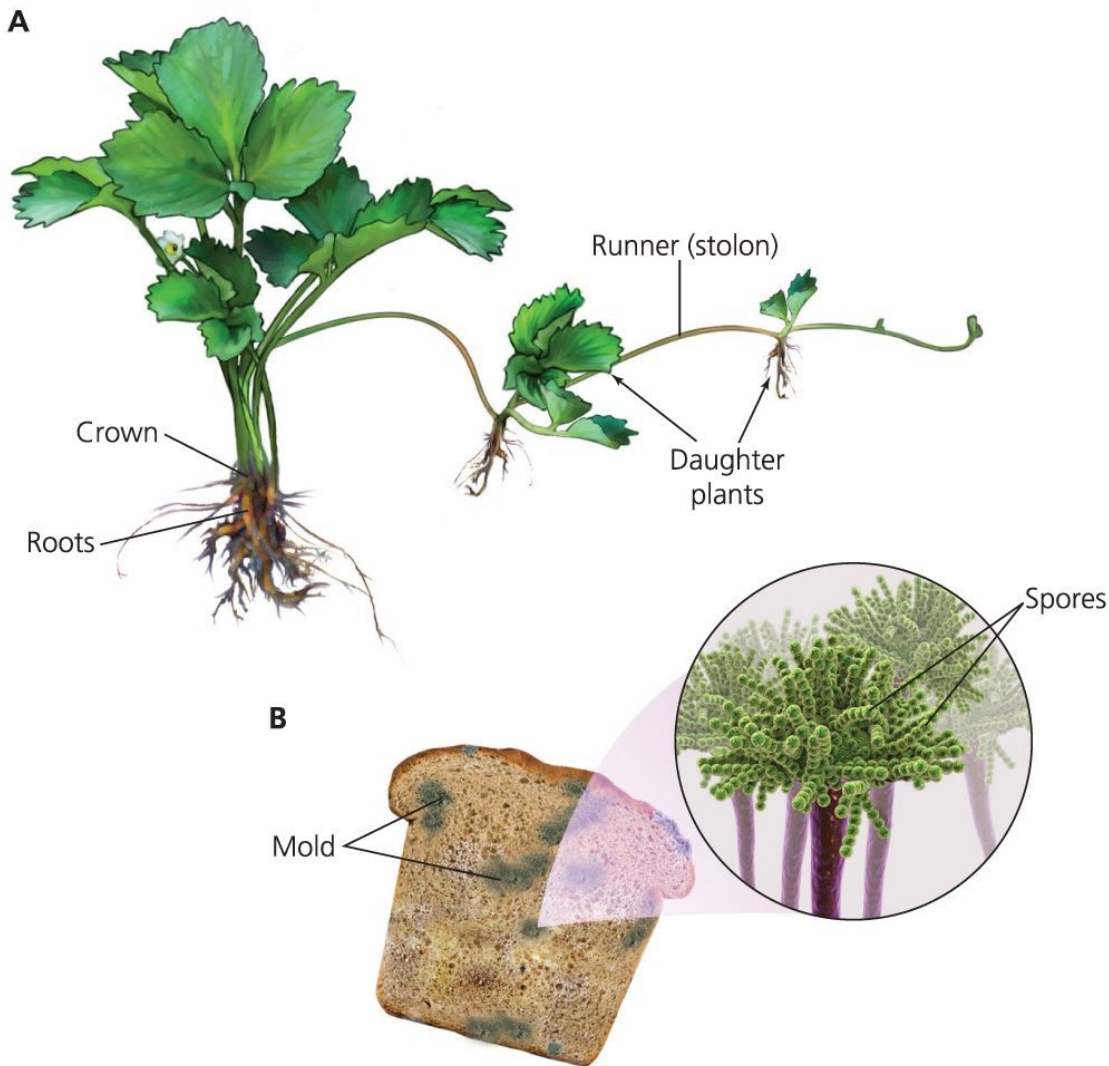
Εξελικτική Βιολογία

## Φύλο και αναπαραγωγή

Αριστοτέλης Παπαγεωργίου, Τμ. ΜΒΓ ΔΠΘ, [aparage@mbg.duth.gr](mailto:aparage@mbg.duth.gr)

# Φυλετική αναπαραγωγή και εξέλιξη

- Η ζωή είναι πολύ πιο σύνθετη από την απλή επιβίωση
  - Για να περάσουν τα γονίδιά τους στην επόμενη γενιά, οι φυλετικά αναπαραγώμενοι οργανισμοί πρέπει να βρουν συντρόφους, να ξεπεράσουν τα εμπόδια της αναπαραγωγής και να παράξουν υγιείς απογόνους
    - Που πρέπει να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν και αυτοί
- Εξελικτικά ερωτήματα:
  - Τι είναι τα φύλα και γιατί υπάρχουν;
  - Πώς προέκυψε η φυλετική αναπαραγωγή;
  - Πώς γίνεται η επιλογή συντρόφου και τι επιπτώσεις έχει στην εξέλιξη των οργανισμών;
  - Γιατί κάποια είδη δεν αναπαράγονται φυλετικά;
  - Υπάρχει φυλετική σύγκρουση;



# Η αναπαραγωγή δεν είναι απλή υπόθεση

**A:** η φράουλα αναπαράγεται φυλετικά αλλά και αφυλετικά με στόλωνες

**B:** η απλή μούχλα του ψωμιού είναι μύκητας που παράγει σπόρια με αντίγραφα του γονέα, αλλά μπορεί να αναπαραχθεί και φυλετικά

# Η φυλετική αναπαραγωγή “κοστίζει”

Η φυλετική αναπαραγωγή δεν είναι το μόνο σύστημα μετάβασης από τη μία γενιά στην άλλη

Φαίνεται να μην συμφέρει ενεργειακά τους οργανισμούς

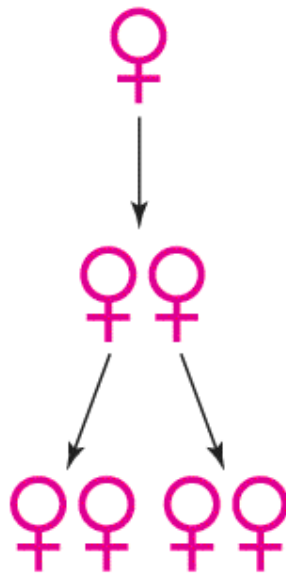
Το “διπλό” κόστος των φύλων του **John Maynard Smith**



Sexual female



Asexual female



Zimmer/Emlen, *Evolution: Making Sense of Life*, 3e, © 2020  
W. H. Freeman and Company

Οι αφυλετικές γραμμές καταγωγής αναπαράγονται πολύ πιο γρήγορα από τις φυλετικές

*Η εξέλιξη θα έπρεπε να είχε ευνοήσει την αφυλετική αναπαραγωγή*

Όμως η φυλετική αναπαραγωγή είναι πολύ διαδεδομένη και η “παρθενογένεση” είναι σπάνια (0.04% των αρθρόποδων)

## Ποια είναι τα εξελικτικά πλεονεκτήματα της φυλετικής αναπαραγωγής;

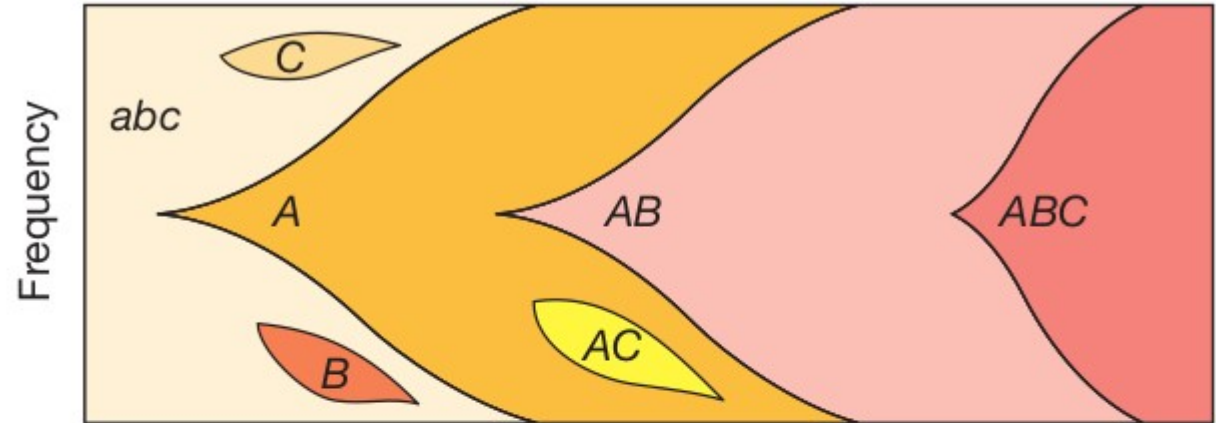
Μειονεκτήματα	Πλεονεκτήματα
Το “διπλό” κόστος των φύλων που μειώνει τον ρυθμό αναπαραγωγής στο μισό σε σχέση με την μη-φυλετική εναλλακτική	Ο συνδυασμός διαφορετικών θετικών αλληλομόρφων από διαφορετικά γονίδια στο ίδιο άτομο γίνεται πιο γρήγορα
Το κόστος (και το ρίσκο) της αναζήτησης συντρόφου	Κάθε γαμέτης είναι γενετικά διαφορετικός και έτσι προκύπτουν άπειροι νέοι συνδυασμοί του γενετικού υλικού στους απογόνους
Η μειωμένη συγγένεια μεταξύ γονέων και απογόνων, καθώς ο γαμέτης μεταφέρει μόνο το $\frac{1}{2}$ των αλληλομόρφων του κάθε γονέα	Η εξέλιξη συμβαίνει πιο γρήγορα εξαιτίας της αυξημένης γενετικής ποικιλότητας και η προσαρμογή επιταχύνεται
Ο κίνδυνος των σεξουαλικά μεταδιδόμενων νοσημάτων	Ο ανασυνδυασμός επιτρέπει την ύπαρξη απογόνων χωρίς βλαβερά αλληλόμορφα και έτσι αυτά μειώνονται στους πληθυσμούς

# Συνδυασμός θετικών αλληλομόρφων

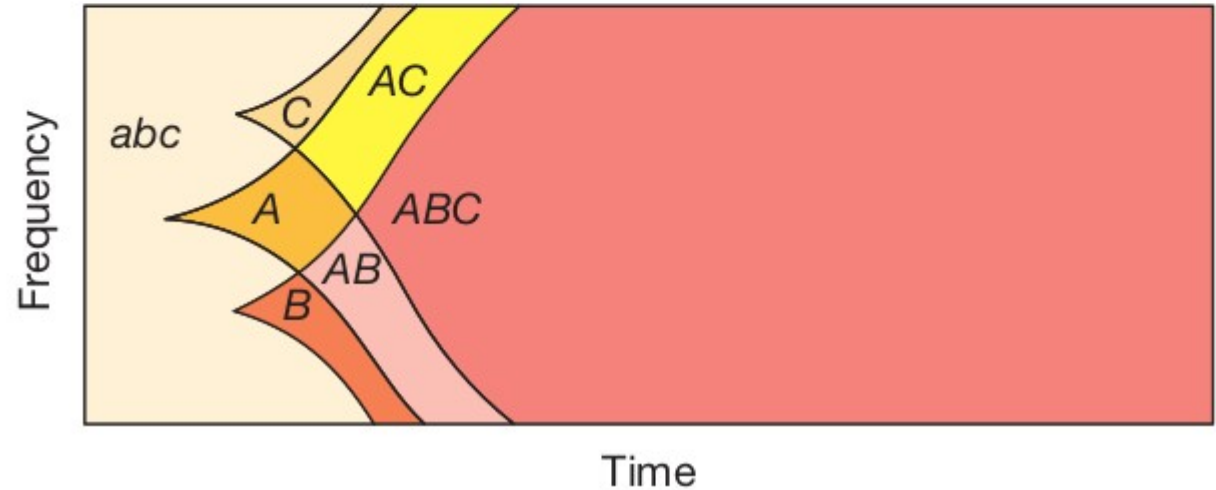
Ο συνδυασμός διαφορετικών θετικών αλληλομόρφων από διαφορετικά γονίδια στα ίδια άτομα συμβαίνει πιο γρήγορα και επιταχύνει την προσαρμογή του πληθυσμού

Στο υποθετικό παράδειγμα εδώ, ο απλότυπος ABC έχει μεγαλύτερη αρμοστικότητα

(A) Asexual, no recombination



(B) Sexual, with recombination



# Η “μέγγενη” του Muller

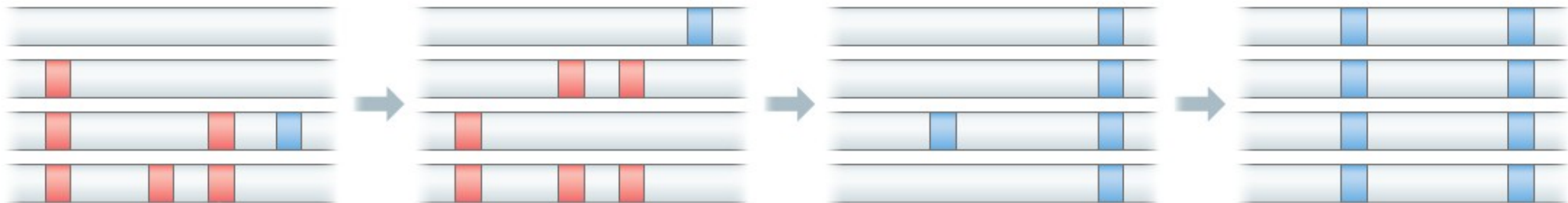
Hermann Joseph Muller  
1890 - 1967



(A) No recombination

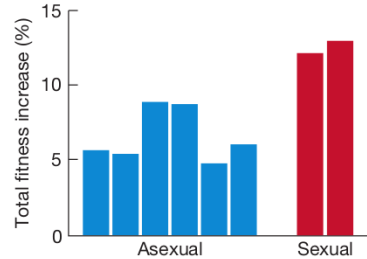


(B) With recombination



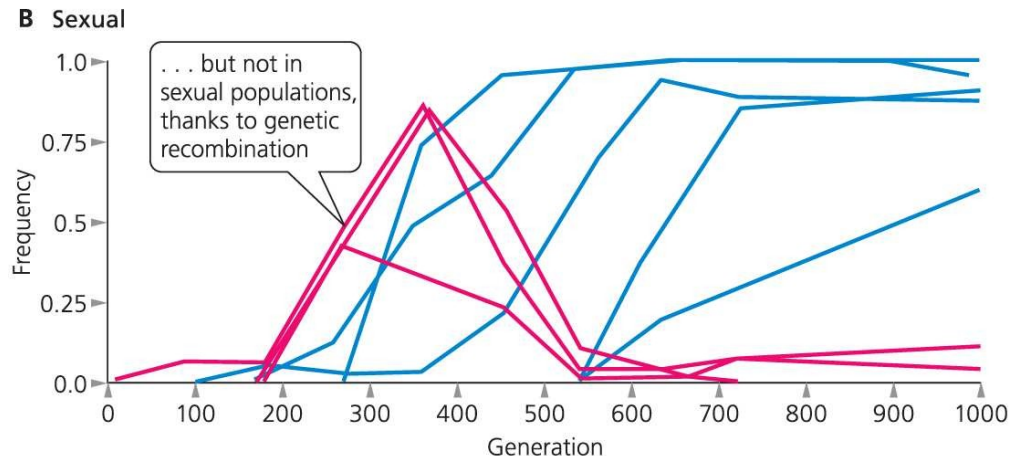
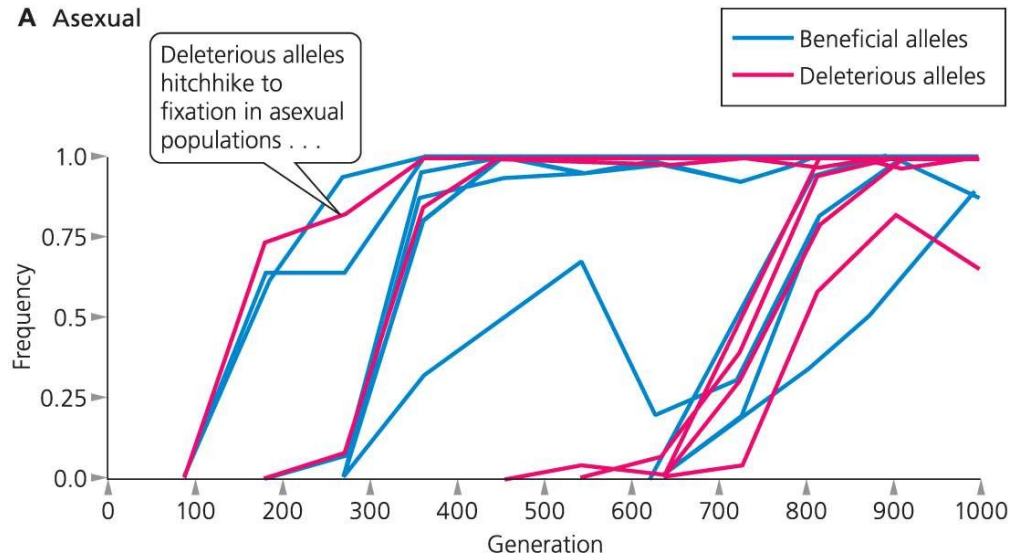
# Το πείραμα των McDonald et al. (2016)

Σύμφωνα με τη “μέγγενη” του Muller, ένας αφυλετικός οργανισμός καταλήγει να συγκεντρώνει επιβλαβείς μεταλλάξεις



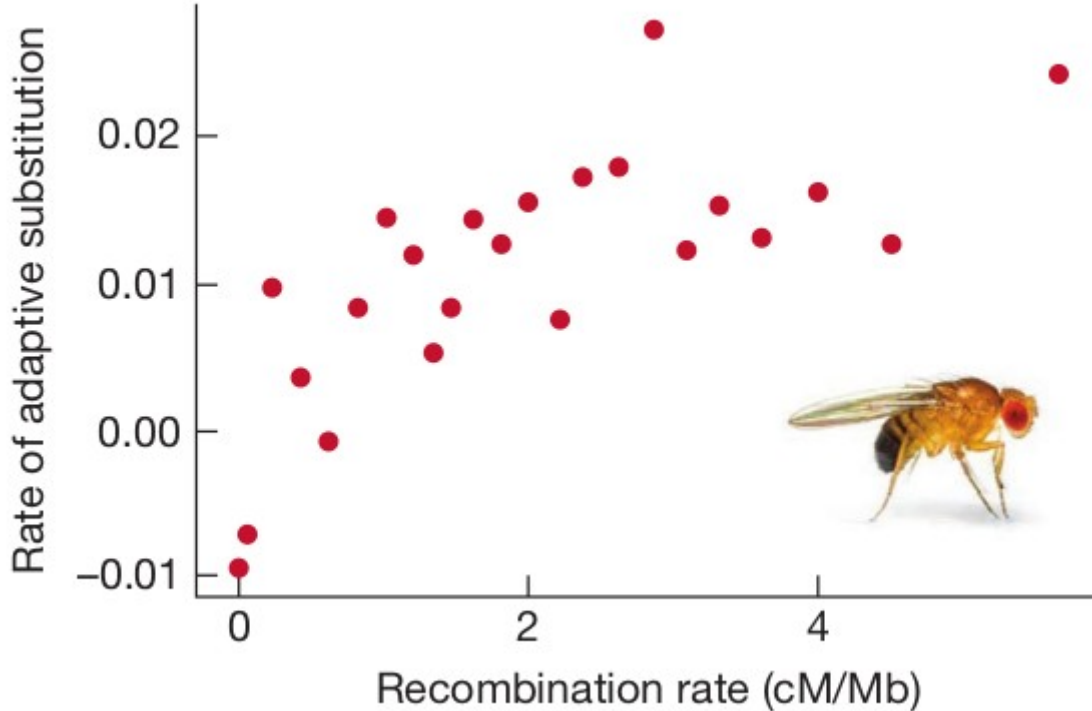
Οι McDonald et al. επαλήθευσαν τη θεωρία με το πείραμα που έκαναν σε πληθυσμούς της μούχλας του ψωμιού (*Saccharomyces cerevisiae*)

Μετά από 1000 γενιές, η αρμοστικότητα του φυλετικού πληθυσμού έγινε διπλάσια





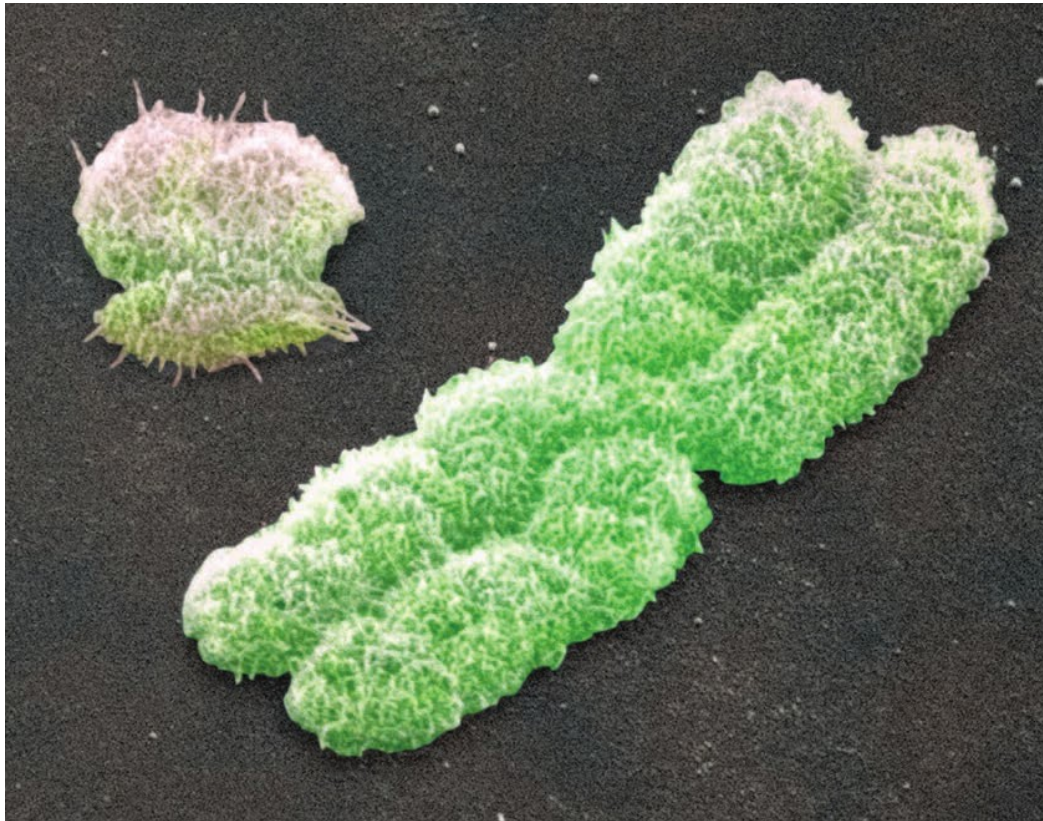
## Διαφορές προσαρμοστικής εξέλιξης μέσα στο ίδιο γονιδίωμα



Δεν έχουν όλες οι περιοχές του γονιδιώματος την ίδια πιθανότητα ανασυνδυασμού

Στη *Drosophila melanogaster* οι “επωφελείς” μεταλλάξεις βρίσκονται στην περιοχή του γονιδιώματος με τον υψηλότερο ρυθμό ανασυνδυασμού

# Η μάχη μεταξύ των χρωμοσωμάτων



The human sex chromosomes, as seen in a scanning electron micrograph

Πριν 180 εκ. χρόνια, το ένα από τα δύο φυλετικά χρωμοσώματα σταμάτησε να ανασυνδυάζεται

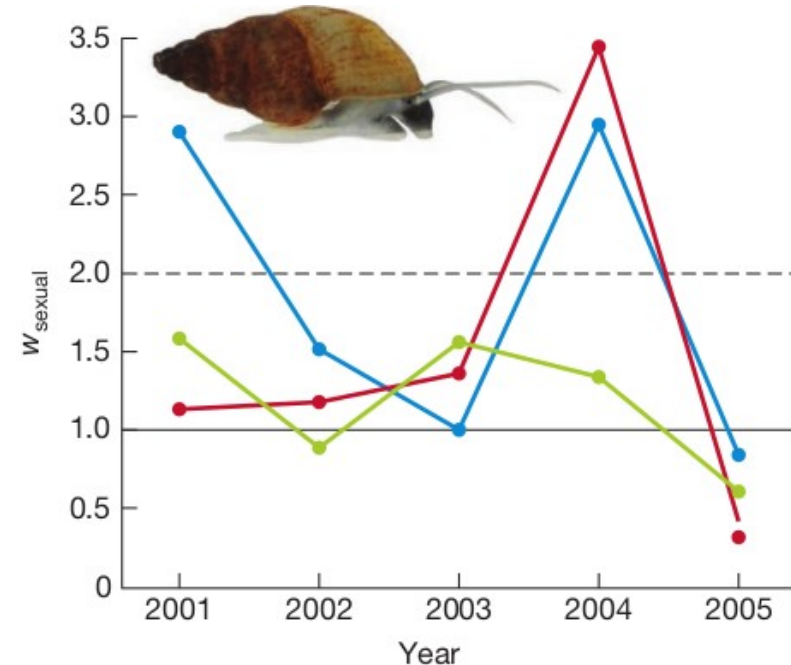
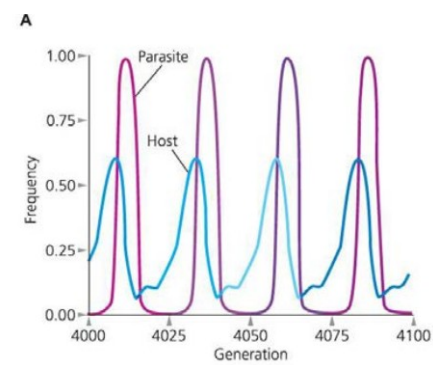
Το Y κληρονομείται αφυλετικά ενώ το X ανασυνδυάζεται

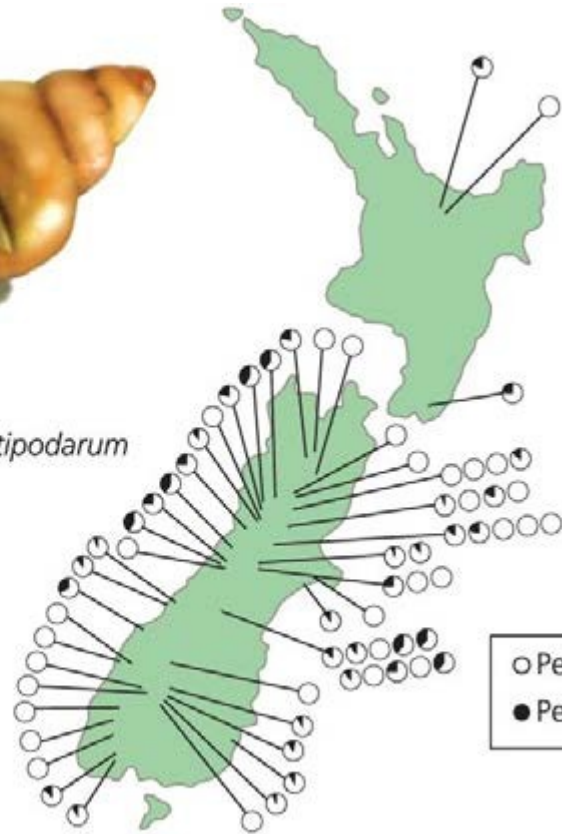
Το Y χρωμόσωμα εμφανίζεται εκφυλισμένο και έχει χάσει σχεδόν όλα τα 2000 γονίδια που μετέφερε και 60% του DNA που είχε

# Η θεωρία της “κόκκινης βασίλισσας”

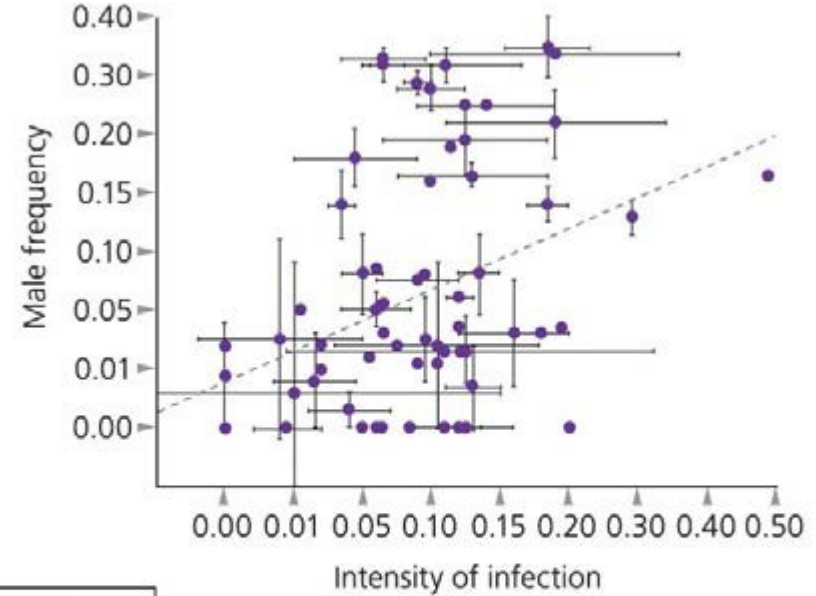
- Ανταγωνισμός παθογόνου – ξενιστή
  - Τα παθογόνα εξελίσσονται ταχύτατα για να υπερνικήσουν τις άμυνες του ξενιστή
  - Κυρίως προσβάλουν τον πιο “συχνό τύπο” του ξενιστή
- Ο ξενιστής ανασυνδυάζεται και με τον τρόπο αυτό δημιουργεί συνεχώς νέους “σπάνιους τύπους”

Στα θηλυκά του γυμνοσάλιαγκα της Ν. Ζηλανδίας (*Potamopyrgus antipodarum*), άλλα αναπαράγονται φυλετικά και άλλα αφυλετικά. Στο διάγραμμα φαίνεται το πλεονέκτημα στην αρμοστικότητα των φυλετικών θηλυκών για διαφορετικές χρονιές



**A***Potamopyrgus antipodarum*

○ Percent female  
● Percent male

**B**

Zimmer/Emlen, *Evolution: Making Sense of Life*, 3e, © 2020 W. H. Freeman and Company

Η συχνότητα των αρσενικών στους πληθυσμούς του *Potamopyrgus antipodarum* διαφέρει στον χώρο και στον χρόνο. Η σφοδρότητα των προσβολών από τριματώδη παράσιτα ανεβάζει τη παρουσία αρσενικών, που δείχνει την αύξηση της φυλετικής αναπαραγωγής

# Μια εξαίρεση στον κανόνα: η βδέλλα

Οι βδέλλες σταμάτησαν να αναπαράγονται φυλετικά εδώ και 100 εκ. χρόνια, όμως είναι προσαρμοσμένες σε πολλά υδάτινα περιβάλλοντα με 400 επιτυχημένα είδη

Η αλληλούχηση του γονιδιώματος έδειξε την ύπαρξη DNA από φυτά, μύκητες και ιούς

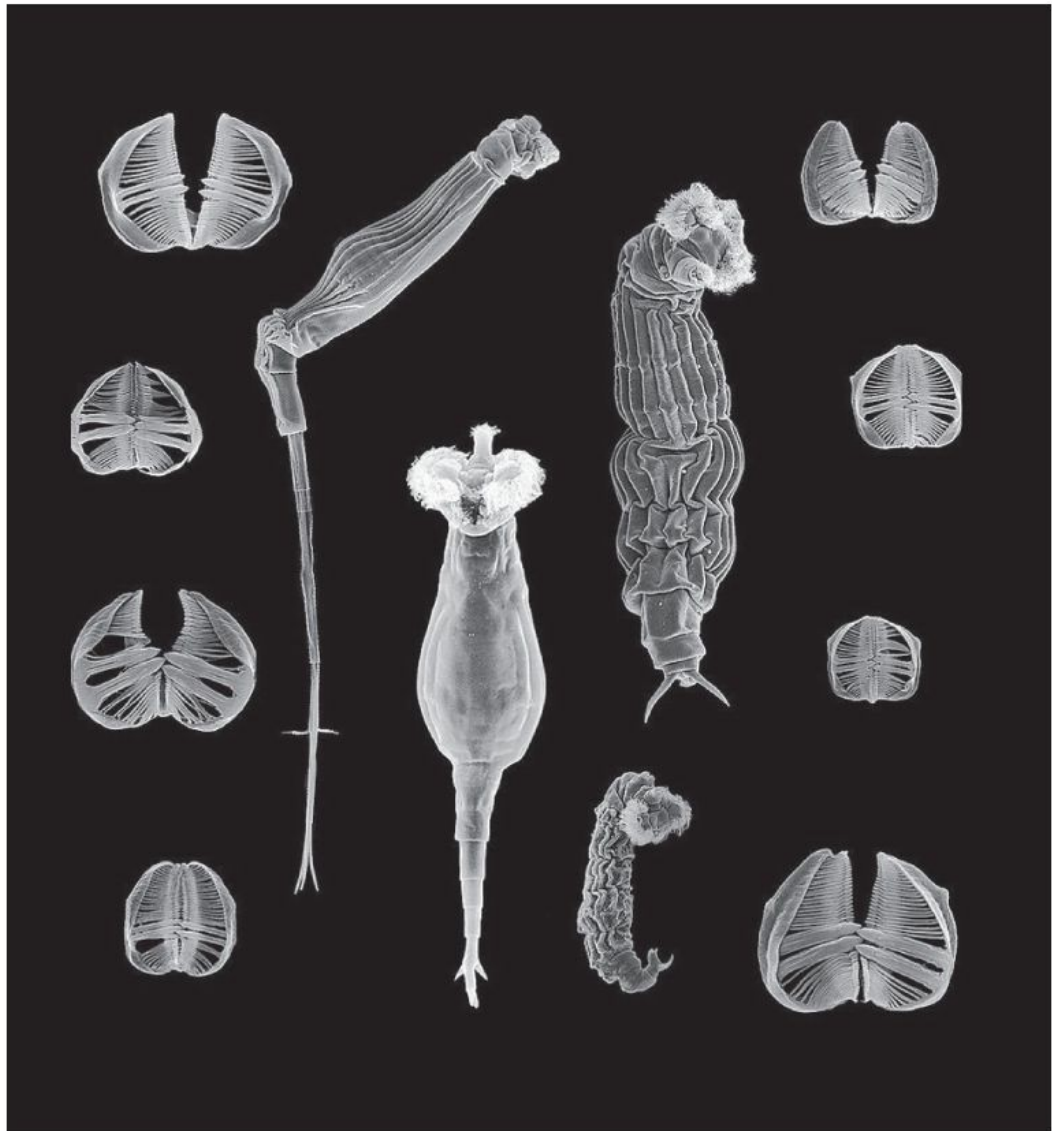


photo by Public Library of Science

# Θηλυκό και αρσενικό

- Στα φυτά, τα ζώα και άλλους ευκαρυώτες, οι γαμέτες ενός είδους εμφανίζονται σε δύο μεγέθη (ανισογαμία)
  - Το **ωάριο** είναι μεγάλο και ακίνητο
  - Το **σπέρμα**, είναι μικρό και κινείται
- Η ανισογαμία εξελίχτηκε πιθανότατα από δύο στρατηγικές των γαμετών να έχουν υψηλή αρμοστικότητα
  - Το ωάριο είναι ασφαλές και καλά εξοπλισμένο
  - Το σπέρμα κινείται και βρίσκει ωάρια
- Διαφορά στους αριθμούς: τα θηλυκά κάνουν συνήθως πολύ λιγότερα ωάρια από ότι τα αρσενικά σπέρμα (ή γύρη)
- Με τη διαφορά στο μέγεθος γαμετών ορίζουμε τα φύλλα
  - Το αρσενικό κάνει πολλούς μικρούς γαμέτες
  - Το θηλυκό κάνει λίγους μεγάλους γαμέτες

# Το φύλο δεν είναι απλή υπόθεση



Το είδος *Limax maximus* είναι  
ερμαφρόδιτο, καθώς κάθε άτομο  
έχει θηλυκά και αρσενικά  
αναπαραγωγικά όργανα

# Το φύλο δεν είναι απλή υπόθεση



Το ψάρι κλόουν  
(*Amphiprion* sp.) είναι  
ερμαφρόδιτο χρονικά:  
αρχικά ωριμάζει σαν  
αρσενικό και μετά σαν  
θηλυκό

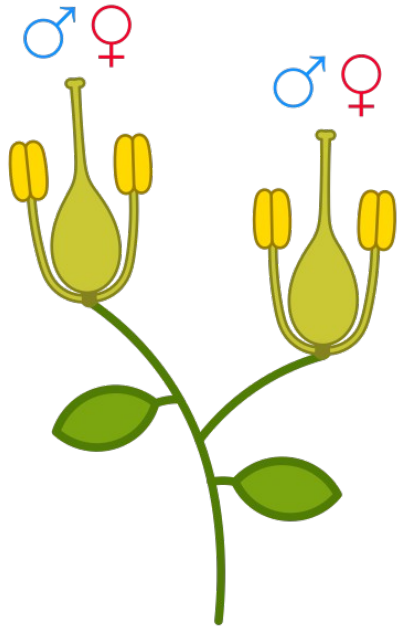


# Το φύλο δεν είναι απλή υπόθεση

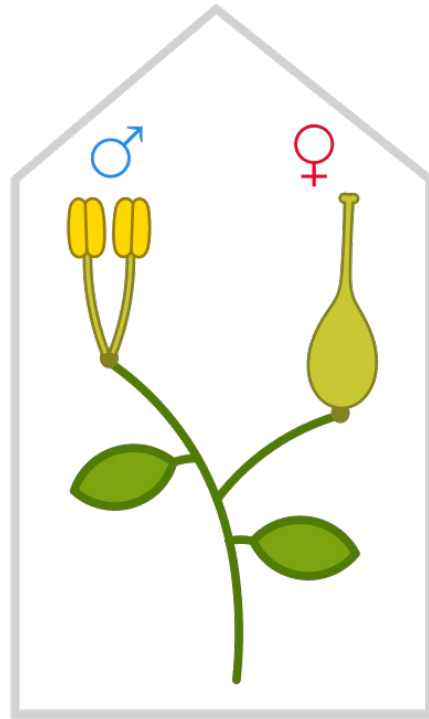


Τα άνθη του κάκτου *Epithelantha micromeris* δεν ανοίγουν και καθώς διαθέτουν αναπαραγωγικά όργανα και των δύο φύλων (τέλειο άνθος), το είδος αυτό είναι σχεδόν αποκλειστικά αυτογονιμοποιούμενο

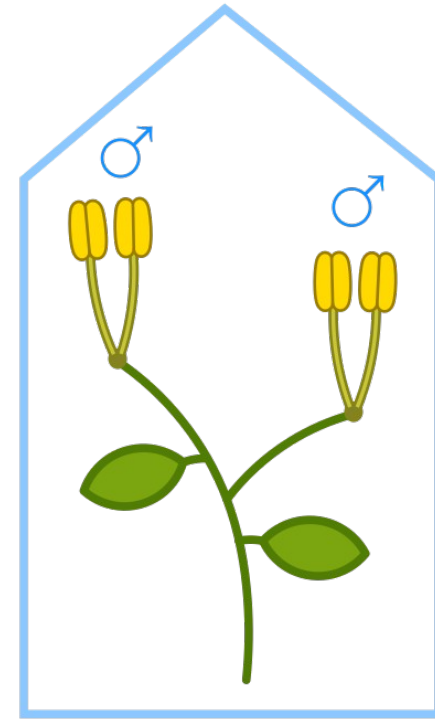
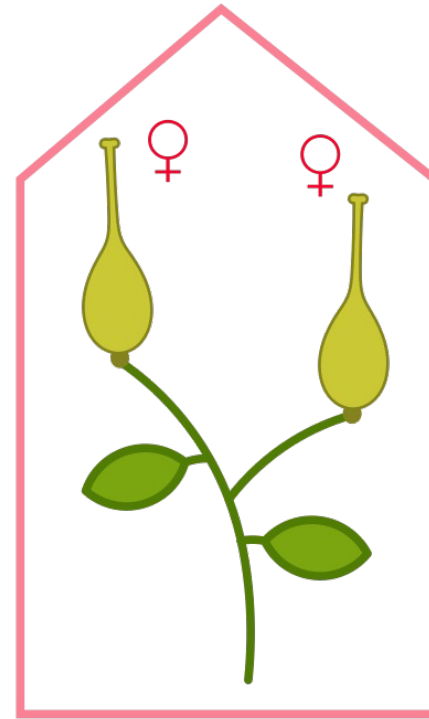
# Μόνοικα, δίοικα και ερμαφρόδιτα φυτά



plant with  
hermaphrodite  
flowers



monoecious  
plant



dioecious  
plant

# Εξασφάλιση της αναπαραγωγής

- Γιατί κάποια είδη είναι ερμαφρόδιτα, ενώ άλλα έχουν χωριστά φύλα;
  - Οι οικολογικές συνθήκες συχνά καθορίζουν το σύστημα αναπαραγωγής
- Ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι η **αναπαραγωγική εξασφάλιση**
  - Η αυξημένη πιθανότητα ζευγαρώματος όταν οι πιθανοί σύντροφοι είναι σπάνιοι (ή και απόντες)
  - Τα ερμαφρόδιτα άτομα μπορούν να ζευγαρώσουν με οποιοδήποτε άλλο άτομο (ή να αυτογονιμοποιηθούν)
- Η αναπαραγωγική εξασφάλιση είναι ο λόγος που η ερμαφρόδιτη κατάσταση είναι πιο διαδεδομένη στα φυτά
  - Δεν μετακινούνται

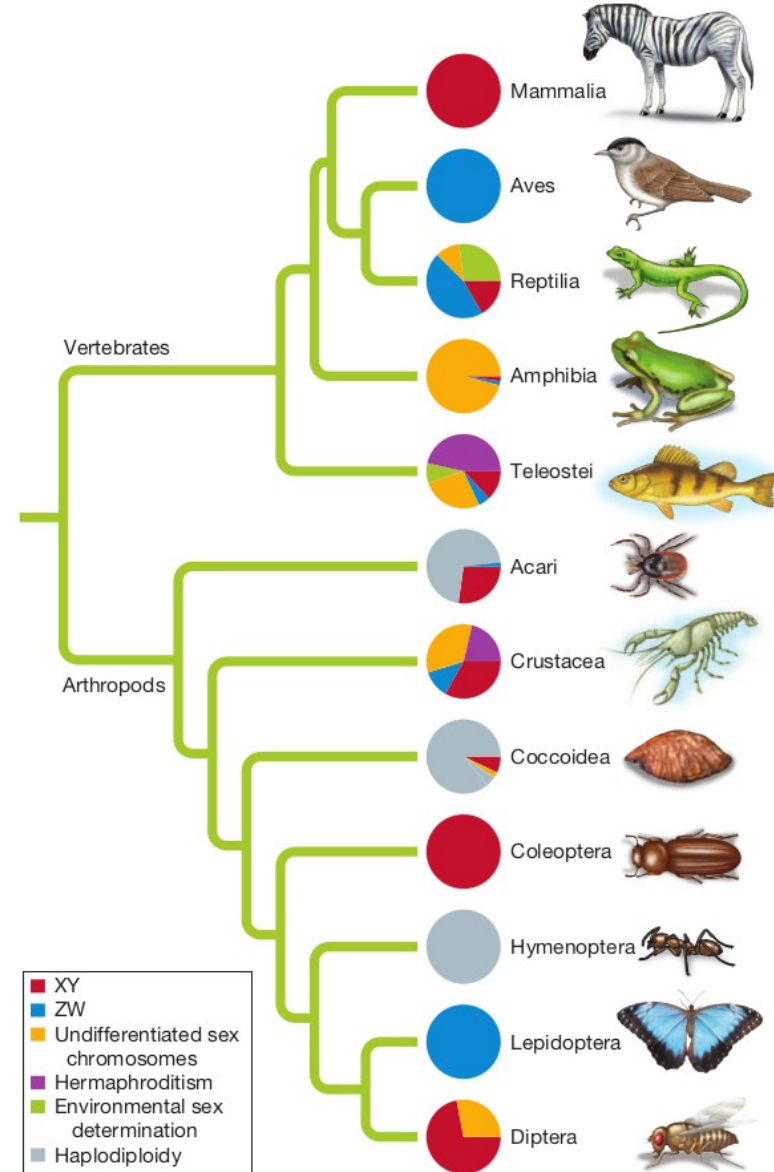
# Το τέλειο άνθος των αγγειόσπερμων



Μανώλια  
(*Magnolia fraseri*)

# Πώς καθορίζεται το φύλο;

- Στα θηλαστικά με τα χρωμοσώματα XY
- Στα πτηνά με τα χρωμοσώματα WZ
- Σε κάποια ερπετά το περιβάλλον
- Στα κοινωνικά έντομα η απλοειδής ή διπλοειδής φάση



# Φυλετικός διμορφισμός

Σε κάποια είδη, ένα σύνολο  
χαρακτήρων διαφέρουν  
ανάμεσα στα φύλα.

Ο φυλετικός διμορφισμό  
εξελίσσεται όταν η επιλογή  
ευνοεί ένα χαρακτηριστικό να  
είναι διαφορετικό σε κάθε φύλο.

**Φυλετικά ανταγωνιστική  
επιλογή:** η ανάπτυξη ενός  
χαρακτήρα ευνοεί το ένα φύλο  
αλλά βλάπτει το άλλο.



Τα αρσενικά παγόνια έχουν μεγάλη και πολύχρωμη ουρά για να προσελκύουν τα θηλυκά κατά την αναπαραγωγή.

Το χαρακτηριστικό αυτό αυξάνει την αρμοστικότητα στα αρσενικά άτομα.



Η ουρά όμως δυσκολεύει την πτήση και προσελκύει θηρευτές, οπότε μειώνει γενικά την αρμοστικότητα

# Φυλετική επιλογή

- Ο ανταγωνισμός των αρσενικών μεταξύ τους για την αναπαραγωγή
- Ένα αρσενικό αυξάνει την αρμοστικότητά του όταν
  - Εμποδίζει άλλα αρσενικά να αναπαραχθούν
  - Προσελκύσει πολλά θηλυκά και αφήσει πολλούς απογόνους
- Πρώτη περιγραφή από τον Δαρβίνο:
  - Τα αρσενικά αναπτύσσουν χαρακτηριστικά που τους δίνουν πλεονέκτημα στην επιλογή συντρόφου
  - Τα χαρακτηριστικά αυτά πρέπει να μειώνουν την αρμοστικότητα όσο αφορά την επιβίωση, αλλιώς θα τα αποκτούσαν και τα θηλυκά άτομα



# Γιατί η φυλετική επιλογή αφορά κυρίως τα αρσενικά άτομα;

Τα αρσενικά αυξάνουν τον αριθμό των απογόνων τους με την αύξηση των θηλυκών που ζευγαρώνουν.

Τα θηλυκά δεν αυξάνουν τον αριθμό των απογόνων τους πάνω από το πλήθος των ωαρίων που διαθέτουν σε κάθε αναπαραγωγική περίοδο.

Ο αριθμός των θηλυκών για κάθε αρσενικό είναι περιορισμένος. Η πίεση της επιλογής είναι ισχυρότερη για τα αρσενικά.



# Υπάρχουν και εξαιρέσεις

**FIGURE 10.8** Sex role reversal.

(A) Two female red phalaropes (*Phalaropus fulicarius*) fight over the smaller, duller-plumaged male on their breeding ground. In contrast to most birds, female phalaropes court males, which care for the eggs and young in their nests. (B) A male Australian seahorse (*Hippocampus breviceps*) giving birth from his pouch. Males choose which courting females will lay eggs in their pouches.

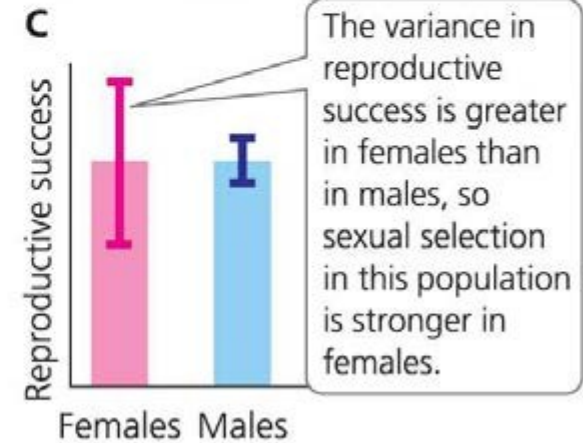
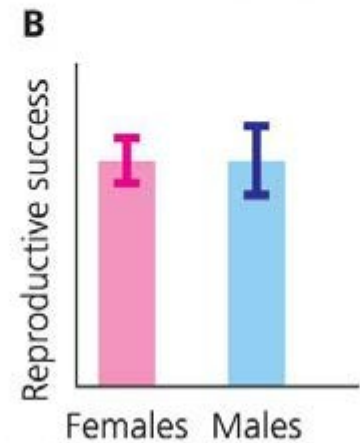
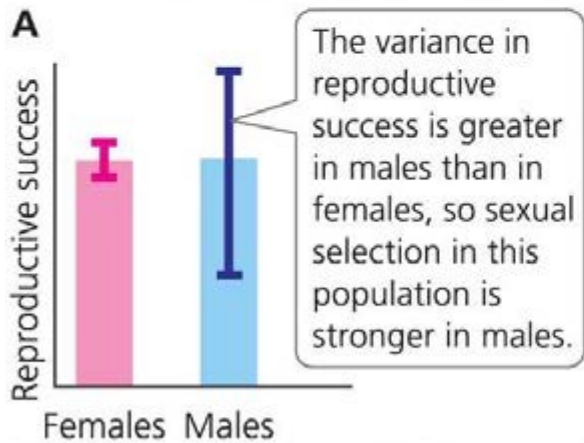
(A)



(B)



# Σύνδεση της διακύμανσης στην αναπαραγωγική επιτυχία με την φυλετική επιλογή



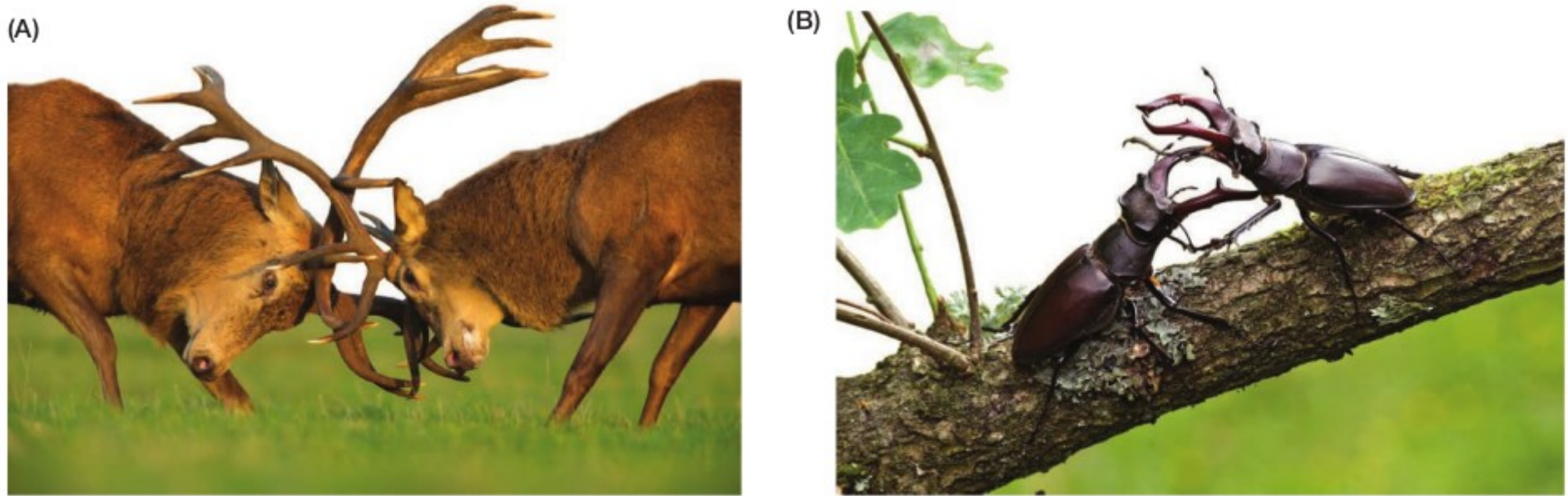
Zimmer/Emlen, *Evolution: Making Sense of Life*, 3e, © 2020 W. H. Freeman and Company

A: Dave Blackey / All Canada Photos / Superstock, Inc.; B: Photography by Jessie Reeder / Getty Images; C: Glenn Bartley / All Canada Photos / Superstock, Inc.

# Τύποι φυλετικής επιλογής

- Ο Δαρβίνος περιέγραψε δύο τύπους φυλετικής επιλογής
  - Ενδοφυλετική επιλογή, ή **η μάχη των αρσενικών**
    - Τα αρσενικά μάχονται για την πρόσβαση στα θηλυκά
  - Διαφυλετική επιλογή, ή **η επιλογή του θηλυκού**
    - Τα θηλυκά επιλέγουν τα αρσενικά που θα ζευγαρώσουν

# Η μάχη των αρσενικών

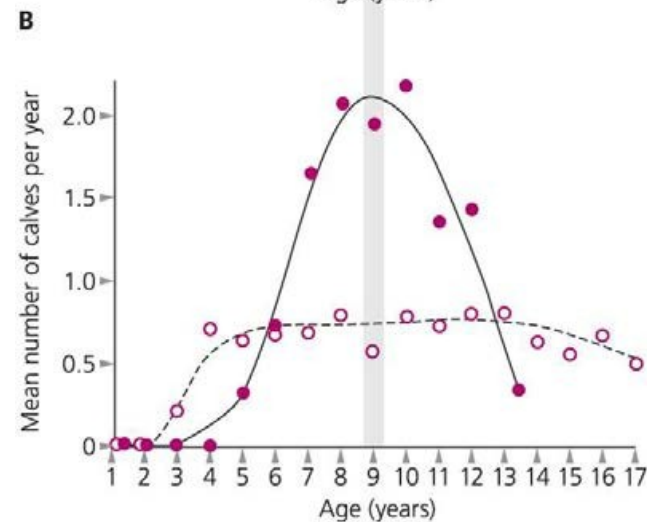
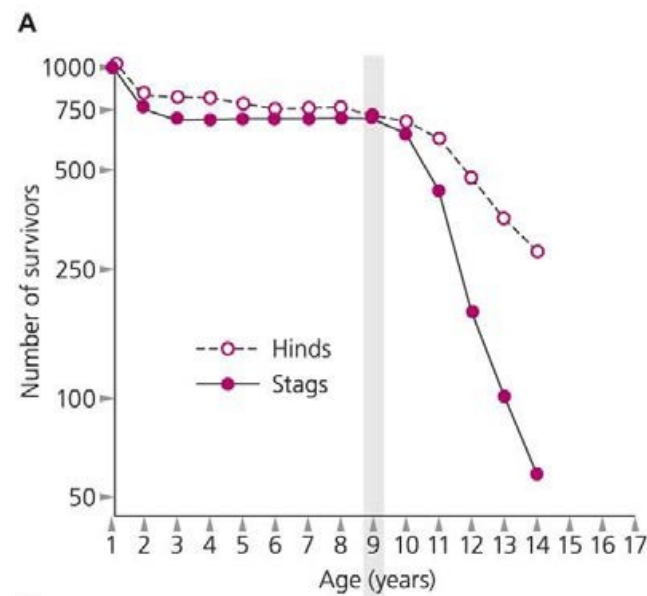


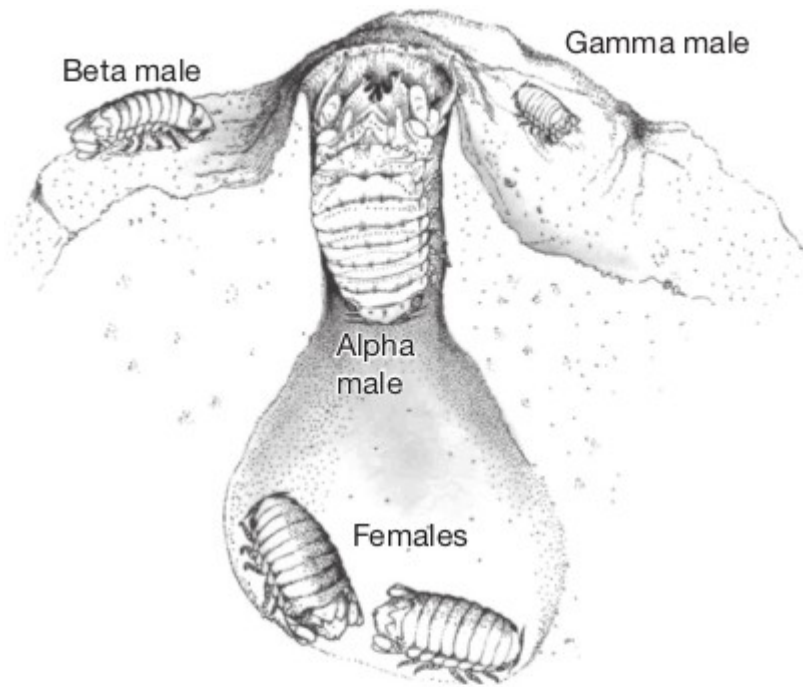
**FIGURE 10.9** Males of many animals have evolved horns and other weapons that they use to fight with each other for reproductive access to females. (A) Male red deer (*Cervus elaphus*) fighting during the breeding season. Successful males guard groups of females with which they mate. (B) Male stag beetles (*Lucanus cervus*) fighting. Males defend the sites where females lay their eggs, and mate with females when they arrive to lay.

# Το κόστος της μάχης των αρσενικών

Στο ελάφι (*Cervus elaphus*) τα αρσενικά πεθαίνουν πιο γρήγορα από τα θηλυκά, μετά την αναπαραγωγική ωριμότητα (A)

Τα θηλυκά έχουν σταθερό ρυθμό απόκτησης απογόνων, ενώ τα αρσενικά αργούν να ξεκινήσουν (αν πετύχουν) και σταματούν πολύ γρήγορα (B)





**FIGURE 10.10** These isopods (*Paracerceis sculpta*) live on and inside sponges. The large alpha male guards a harem of females by blocking the entrance to the cavity in which they live. A medium-sized beta male (left) and a small gamma male (right) try to gain access to the females by tricking the alpha male. The beta male imitates a female, while the small gamma male seeks to reach the females by slipping past the alpha male. (From [45], illustration by Marco Leon.)

# Εναλλακτικοί τρόποι μάχης των αρσενικών

Την ώρα που ο ισχυρός Alpha male έχει μπλοκάρει την είσοδο προς τα θηλυκά, ο μέτριου μεγέθους Beta male που μοιάζει με θηλυκό, ξεγελά τον αντίπαλο και εισωρεί στον χώρο των θηλυκών, ενώ ο ακόμα μικρότερος Gamma male ξεγλιστρά ανάμεσα στον ανταγωνισμό και επιτυγχάνει και αυτός να αναπαραχθεί

# Εναλλακτικοί τρόποι μάχης των αρσενικών



Το αρσενικό του είδους  
*Calopteryx splendens*  
απομακρύνει το σπέρμα των  
αρσενικών που προηγήθηκαν  
πριν αναπαραχθεί και το ίδιο



# Εναλλακτικοί τρόποι μάχης των αρσενικών

Ο φόνος των νεαρών αρσενικών είναι μια τακτική που ακολουθείται σε είδη θηλαστικών



**FIGURE 10.12** This male lion has killed a cub after displacing the cub's father and other adult males in the group that he recently joined. Male infanticide has also been described in many other species of mammals.

# Η επιλογή του θηλυκού: ανταμοιβή

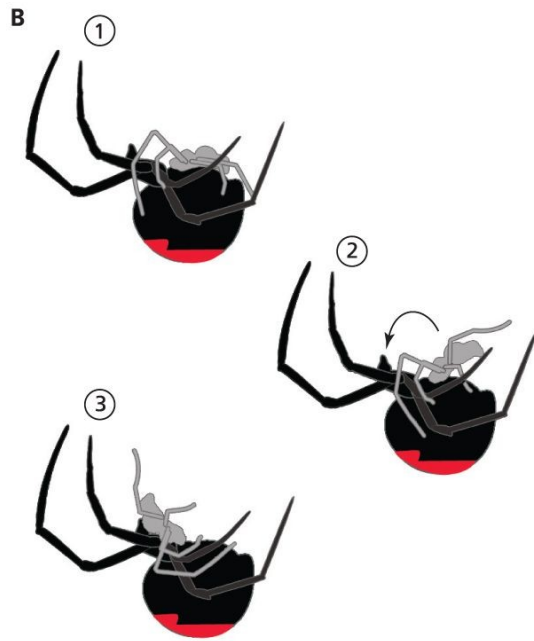


**FIGURE 10.13** Males of some species provide direct benefits to females. This female Mormon cricket (*Anabrus simplex*) will eat the large white spermatophore her mate has placed in her genital opening. (Courtesy of John Alcock.)

Στην περίπτωση της **άμεσης ανταμοιβής** το θηλυκό αυξάνει την αρμοστικότητά του από το ζευγάρι και τα αρσενικά αναπτύσσουν χαρακτηριστικές παροχές των ανταμοιβών αυτών

# Φυλετικός κανιβαλισμός

*Latrodectus hasselti*



Tobias Bernhard / Getty Images

*Mantis religiosa*

# Η επιλογή του θηλυκού: πλάνη αντίληψης

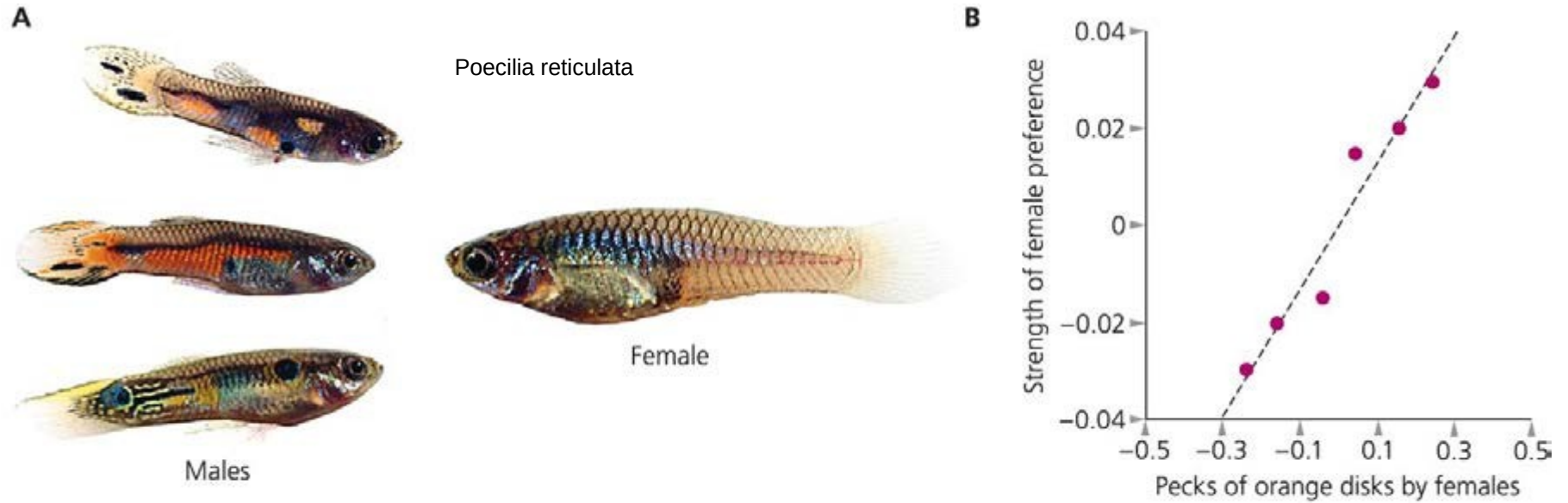
Τα θηλυκά επιλέγουν τα αρσενικά με συγκεκριμένους χρωματισμούς χωρίς να έχουν κάποιο άμεσο όφελος

Πρόκειται για **πλειοτροπισμό** σε γονίδια που προκαλούν την επιλογή του θηλυκού, που έχουν εξελιχτεί για λόγο άσχετο με την φυλετική επιλογή

Αναφέρεται και σαν **πλάνη αντίληψης**, καθώς το θηλυκό ανταποκρίνεται σε μηνύματα που το αρσενικό δεν στέλνει καν. Ελκύεται δηλαδή από χαρακτηριστικά που προκύπτουν σαν παράπλευρα αποτελέσματα ερεθισμάτων του νευρικού τους συστήματος, που εξελίχτηκαν για άλλο λόγο, πριν καν εξελιχτούν τα σήματα των αρσενικών



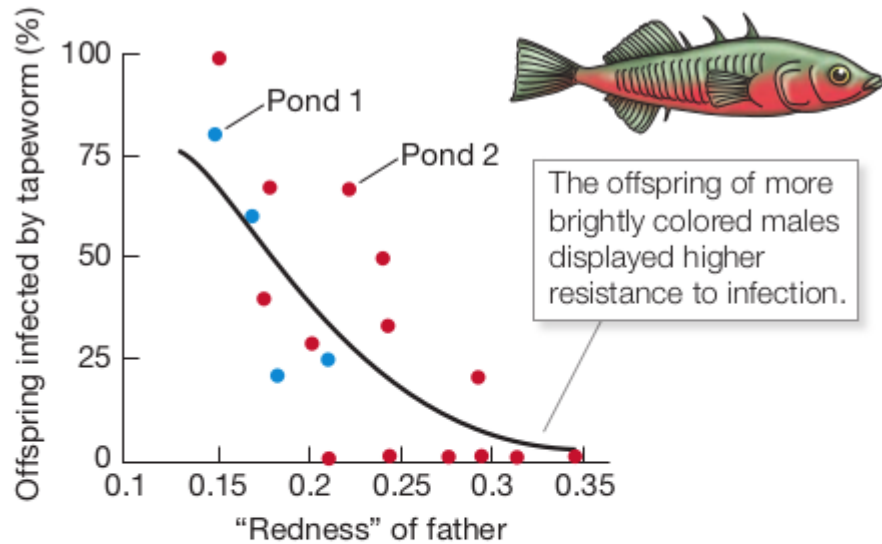
**FIGURE 10.14** Males of the Andean cock-of-the-rock (*Rupicola peruvianus*) perform mating displays together on leks. Females visit the lek, mate with the male of their choice, and then leave to raise the offspring alone. There is no opportunity for direct benefits to females in lek-breeding



Zimmer/Emlen, *Evolution: Making Sense of Life*, 3e, © 2020 W. H. Freeman and Company  
 A: Gregory F. Grether

Στο ψάρι *Poecilia reticulata* στο Trinidad τα θηλυκά προτιμούν τα αρσενικά με έντονο πορτοκαλί χρώμα. Η προτίμηση αυτή πιθανόν συνδέεται με το χρώμα που έχουν τα φρούτα που πέφτουν στα ποτάμια, μια ιδανική πηγή τροφής. Θηλυκά που προτιμούν αρσενικά με πορτοκαλί χρώμα επίσης προτιμούν περισσότερο την τροφή με το ίδιο χρώμα.

# Η επιλογή του θηλυκού: τα καλά γονίδια

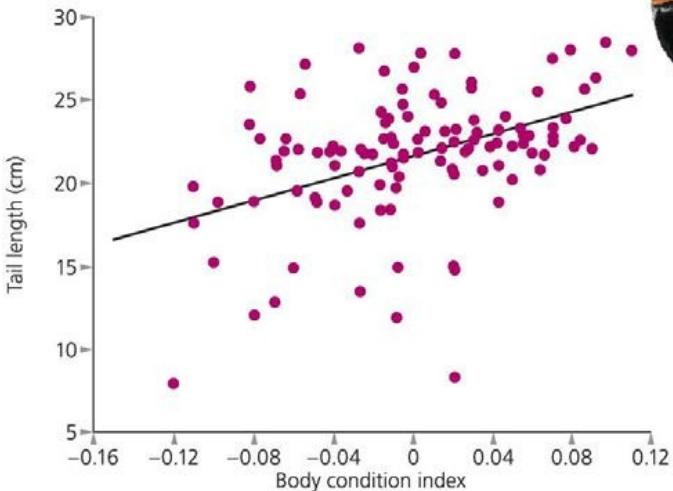
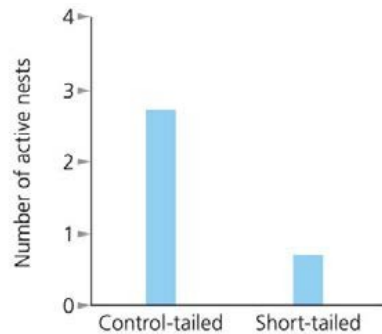


**FIGURE 10.16** Evidence for the good genes mechanism for the evolution of female choice. The percentage of young three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) that became infected when exposed to tapeworm larvae declined with the intensity of their fathers' red coloration. Red males, which are attractive to females, have alleles that make them resistant to tapeworms and that are passed to their offspring. (After [5].)

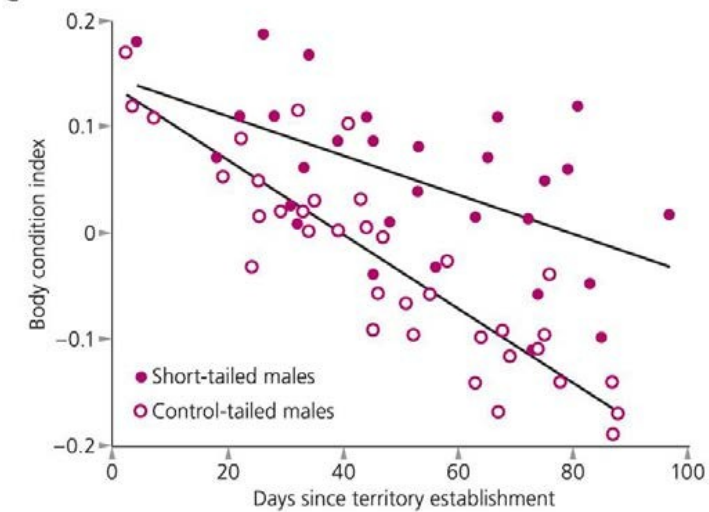
Στο ψάρι *Gasterosteus aculeatus* το κόκκινο χρώμα των αρσενικών συνδέεται με την αντοχή στην προσβολή από παράσιτα.

Τα θηλυκά επιλέγουν τα αρσενικά με το πιο έντονο κόκκινο χρώμα. Οι απόγονοι είναι πιο ανθεκτικοί στις προσβολές από παράσιτα. Η κόκκινη χρωστική συνδέεται με αποτέλεσμα καλής διατροφής και ανάπτυξης καλού ανοσοποιητικού.

Η επιλογή του θηλυκού εξελίχτηκε σαν παραπροϊόν της φυσικής επιλογής για ανοσία στις προσβολές από παθογόνα.

**A****B***Euplectes ardens*

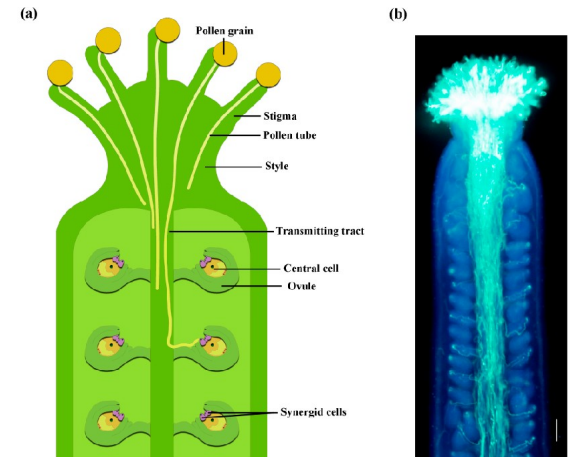
Δυτική και Νότια Αφρική

**C**

(A) Το μήκος της ουράς είναι δείκτης καλής υγείας και (B) χαρακτήρας επιλογής για αναπαραγωγή ταυτόχρονα. Όμως, σαν χαρακτήρας “κοστίζει” σε βάθος χρόνου και μειώνει την υγεία των αρσενικών με μεγάλη ουρά.

# Προσέλκυση του επικονιαστή

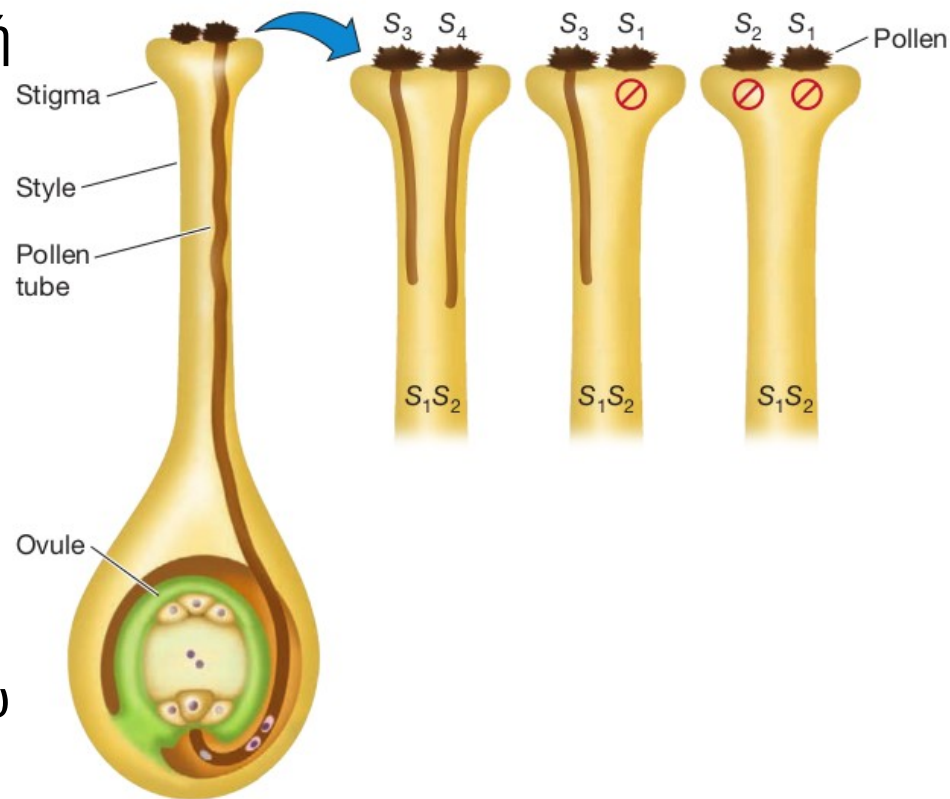
- Τα περισσότερα φυτά είναι ερμαφρόδιτα αλλά σχεδόν πάντα υπάρχει περίσσια γύρης, ενώ ο αριθμός των ωραρίων είναι περιορισμένος
- Υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των “αρσενικών ατόμων”
  - Η προσέλκυση του επικονιαστή παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην αύξηση της αρμοστικότητας του αρσενικού γονέα
  - Ο ανταγωνισμός των γυρεόκοκκων πάνω στο στίγμα του θηλυκού άνθους για το ποιος θα αναπτύξει με επιτυχία τον γυρεοσωλήνα





# Συστήματα αυτοασυμβατότητας

- Η αυτογονιμοποίηση είναι συχνή στα φυτά και μπορεί να αποτελέσει εξελικτική στρατηγική για διάφορα φυτά (π.χ. κλειστόγαμα)
- Όμως τα περισσότερα ερμαφρόδιτα και μόνοικα φυτά έχουν τρόπους να αποτρέπουν την αυτογονιμοποίηση για να αποφύγουν την ομομεικτική κατάπτωση
  - Συστήματα αυτοασυμβατότητας
- Π.χ. το γενετικό σύστημα των πολλαπλών αλληλομόρφων του γονιδίου S



# Συστήματα αναπαραγωγής

- Στα ζώα, υπάρχουν τρία βασικά συστήματα αναπαραγωγής

- Μονογαμία

- Ένα αρσενικό διασταυρώνεται με ένα θηλυκό



- Πολυγυνία

- Ένα αρσενικό διασταυρώνεται με πολλά θηλυκά



- Πολυανδρία

- Ένα θηλυκό διασταυρώνεται με πολλά αρσενικά



# Μονογαμία

Η φυλετική μονογαμία είναι σπάνια.

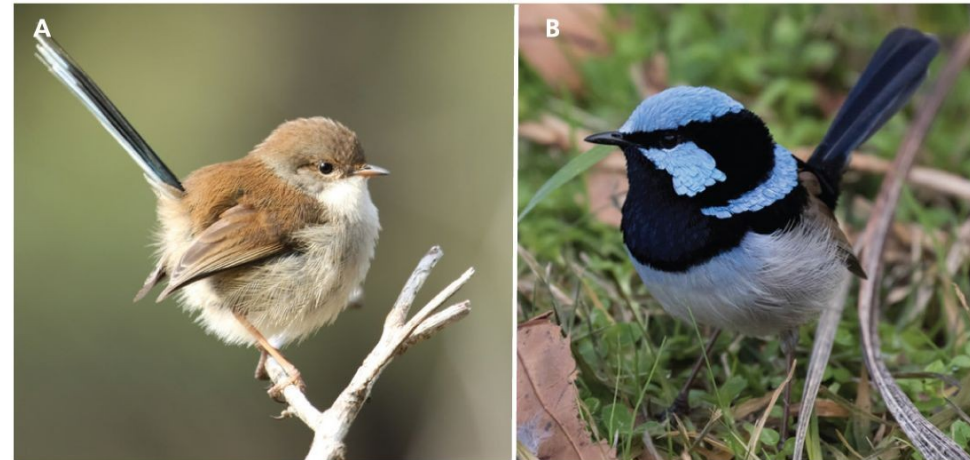
Η κοινωνική μονογαμία (ένα ζευγάρι αναθρέφει μαζί τα μικρά αλλά τα μέλη του διασταυρώνονται και με άλλα άτομα) είναι πολύ συνηθισμένη, π.χ. στο 90% των πτηνών.

Και οι δύο γονείς επενδύουν ενέργεια στην ανατροφή των μικρών και εξασφαλίζουν την επιβίωση των απογόνων.

*Ranitomeya imitators*



*Malurus cyaneus*



A: Houshmand Rabbani / Shutterstock; B: Katarina Christenson / Shutterstock

# Πολυγονία και πολυανδρία

- Η πολυγονία εξελίχτηκε εξαιτίας του χαμηλού ενεργειακού κόστους του σπέρματος και συμφέρει τα αρσενικά για να αποκτήσουν περισσότερους απογόνους
  - Μεγάλο κόστος στην πρόσβαση της αναπαραγωγής
- Η πολυανδρία ευνοεί τα θηλυκά
  - Λαμβάνουν τα καλύτερα γονίδια
  - Αυξάνουν τη γενετική ποικιλότητα ανάμεσα στους απογόνους
  - Το κόστος της αντίστασης στο ζευγάρωμα είναι μεγαλύτερο από το αυτό του ίδιου του ζευγαρώματος
    - Ειδικά αν υπάρχει η “ανταμοιβή”

**Thank you**

