

Γενετική Πληθυσμών
& Εξέλιξη

Ειδογένεση

Αριστοτέλης Παπαγεωργίου, Τμ. ΜΒΓ ΔΠΘ, aparage@mbg.duth.gr

Ειδογένεση

Τι είναι ένα είδος;

(A)



(B)



(C)



(A)



(B)



(C)



FIGURE 9.2 Can you distinguish the species? (A, B) Gray and rufous morphs of the eastern screech owl (*Megascops asio*). (C) The western screech owl (*Megascops kennicottii*).

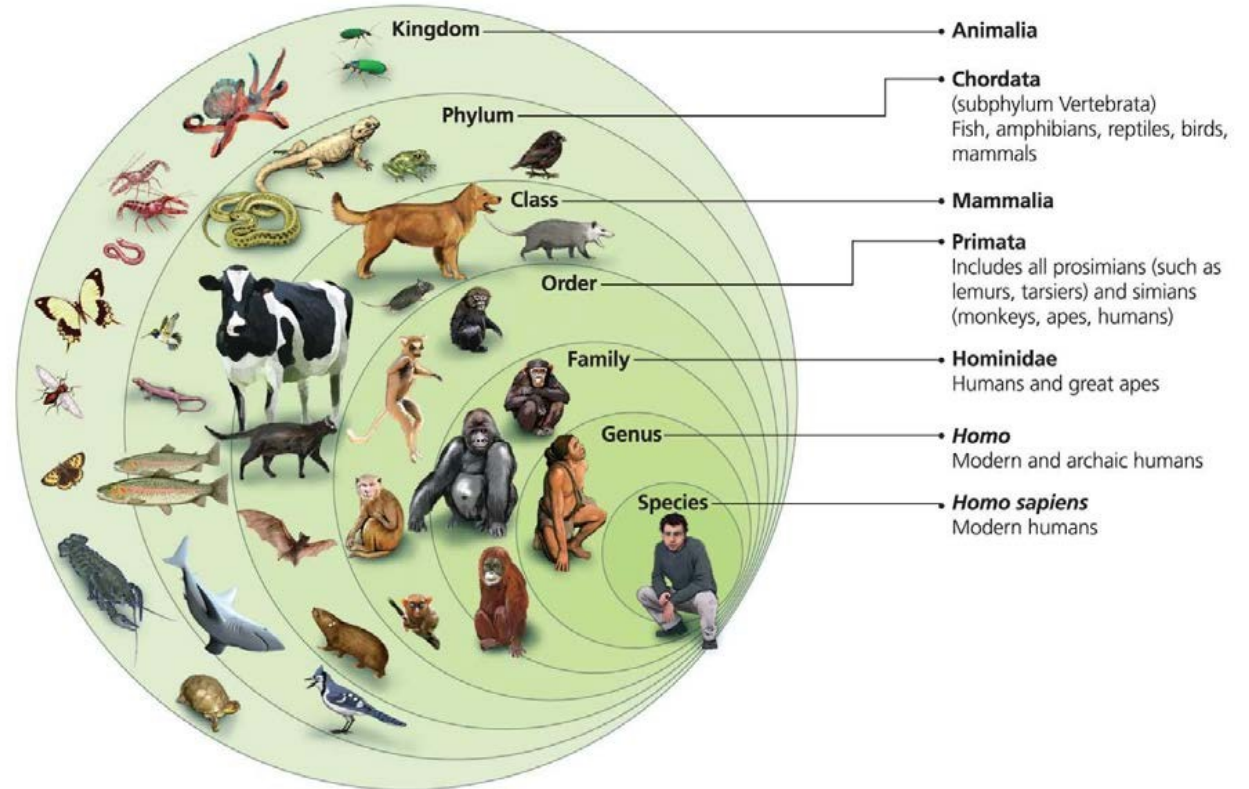
Carolus Linnaeus

Carolus Linnaeus (1707–78)



Hirarchivum Press / Alamy Stock Photo

Ένα είδος είναι μια διακριτή ομάδα οργανισμών



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

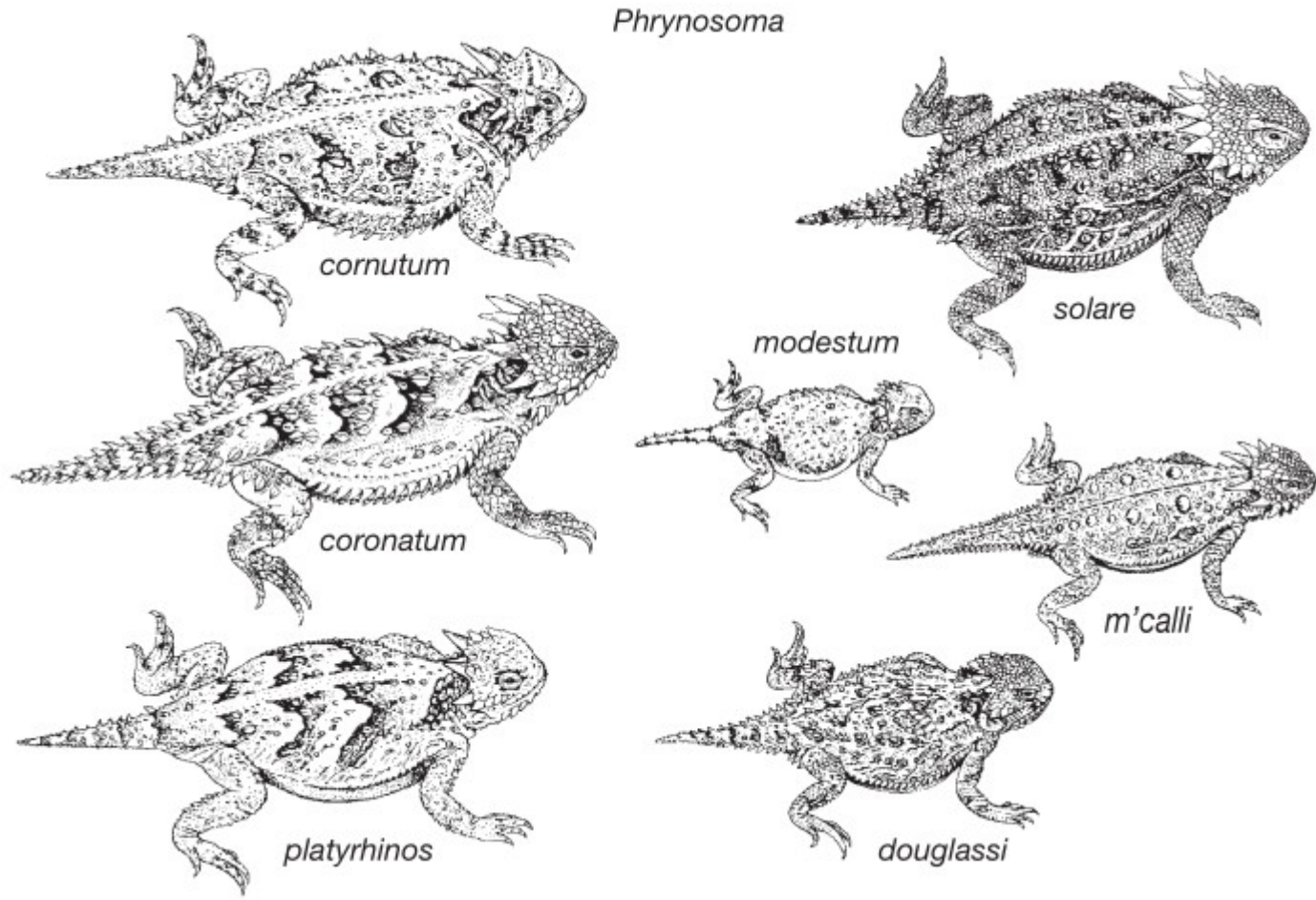


FIGURE 9.6 An example of species distinguished by morphological characters. These seven species of horned lizards (*Phrynosoma*) from western North America can be distinguished by differences in the number, size, and arrangement of horns and scales as well as body size and proportions, color pattern, and habitat. Good scientific drawings can often show detailed features better than photographs can, especially when the critical features are subtle. (From [98].)

Μορφολογικός
διαχωρισμός ειδών

Προβλήματα της κλασικής ταξινομικής

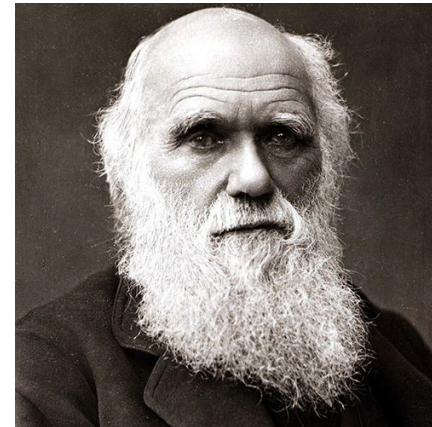
Carolus Linnaeus (1707–78)



Hirarchivum Press / Alamy Stock Photo

Πολλά είδη σχηματίζουν υβρίδια
Μεγάλη ποικιλομορφία μέσα στα είδη (υποείδη, φυλές)
Πλαστικοί φαινότυποι
Γενετικές διαφορές που δεν αντιστοιχούν σε ορατές
φαινοτυπικές διαφορές

Δεν υπάρχει εξελικτικό σενάριο

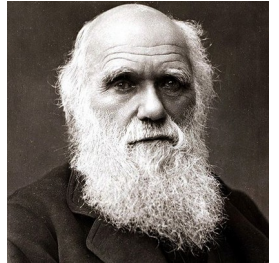


Charles Darwin (1809–1882)

Ο Darwin ήταν ιδιαίτερα επικριτικός απέναντι στην
κλασική ταξινομική

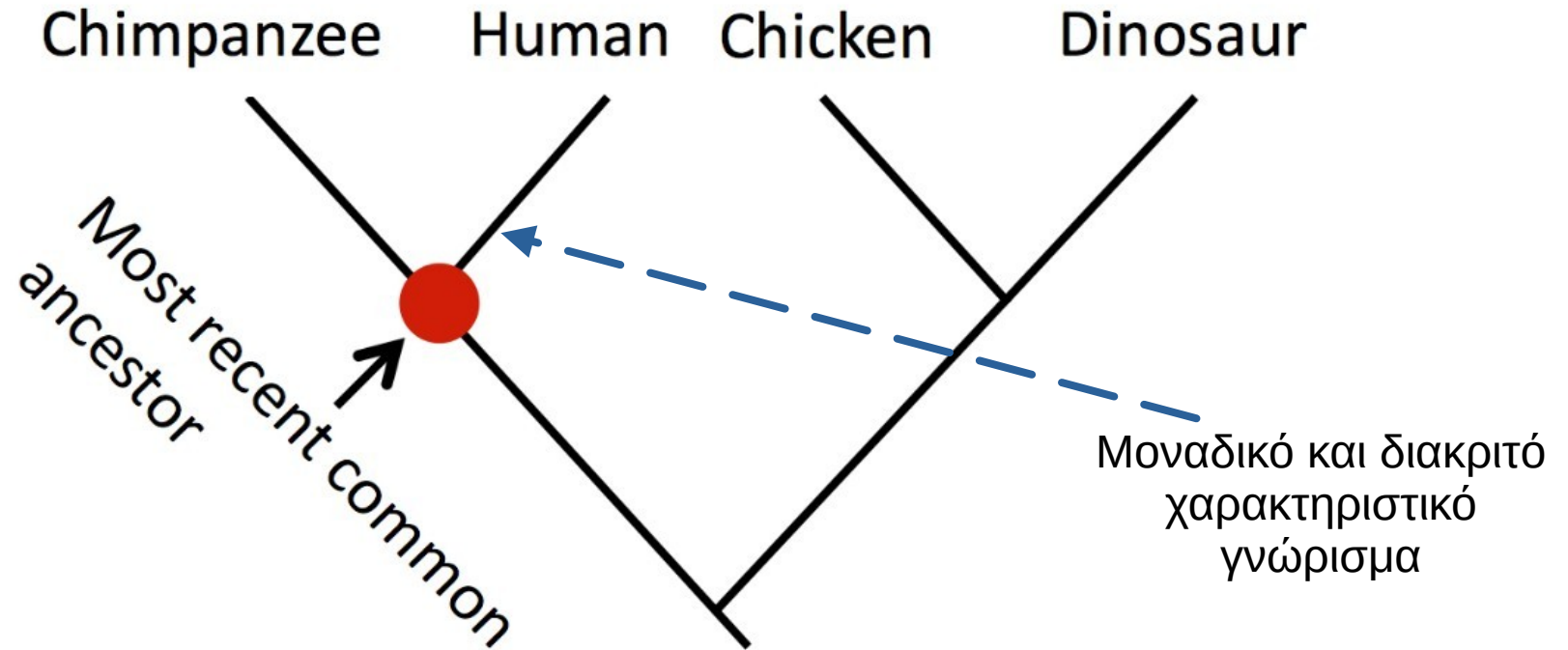
Φυλογενετικός ορισμός του είδους

- Το είδος πρέπει να είναι προϊόν της εξέλιξης
- Πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις
 - Απολιθώματα και ανατομικές διαφορές
 - Φυλογενετικές διαφορές βασισμένες σε μοριακούς δείκτες και αλληλουχίες
 - *“A species is the smallest aggregation of populations that can be diagnosed by a unique combination of character states”*
- **Φυλογενετική προσέγγιση:** ένα είδος είναι η μικρότερη δυνατή ομάδα, της οποίας τα μέλη κατάγονται από έναν κοινό πρόγονο και όλα διαθέτουν διακριτά χαρακτηριστικά σε σχέση με άλλες ομάδες

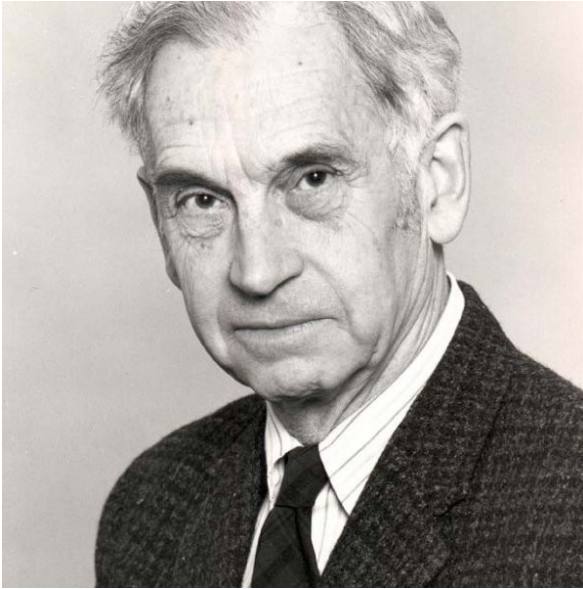


Charles Darwin (1809–1882)

Φυλογενετική προσέγγιση στα είδη



Η έννοια του βιολογικού είδους



Ernst Mayr (1904 - 2005)

Είδος είναι μια ομάδα πληθυσμών που μπορούν και έχουν αναπαραγωγική σχέση μεταξύ τους και είναι αναπαραγωγικά απομονωμένοι από άλλες ομάδες

Η έμφαση δίνεται στον αναπαραγωγικό διαχωρισμό ανάμεσα σε διαφορετικά είδη

Ο διαχωρισμός δεν είναι ανάγκη να είναι απόλυτος και ο μη σχηματισμός βιώσιμου υβριδίου δεν είναι το μόνο στοιχείο που διαχωρίζει τα είδη μεταξύ τους

Ο ορισμός του βιολογικού είδους έχει βρει μεγάλη εφαρμογή

Περιορισμοί του ορισμού του βιολογικού είδους:

- Γεωγραφικά διαχωρισμένα είδη
- Αφυλετικοί οργανισμοί
- Εξαφανισμένα είδη



Pygmy nuthatch

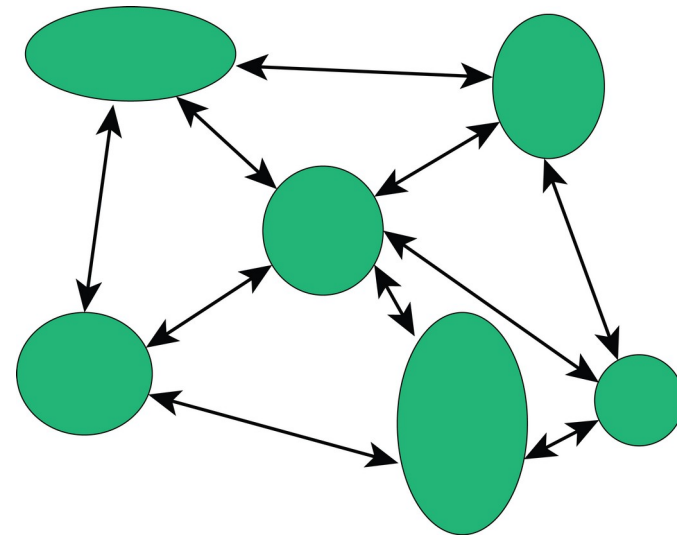


Brown-headed nuthatch

FIGURE 9.3 The geographic ranges of the pygmy nuthatch (*Sitta pygmaea*, left), in western North America, and of the brown-headed nuthatch (*Sitta pusilla*, right), in the southeastern United States, are separated by hundreds of miles in which neither bird occurs. They differ in voice and subtly in color pattern. It is difficult to tell if they are different biological species.

Η έννοια της γραμμής καταγωγής

- Ένας **μεταπληθυσμός** (metapopulation) είναι μία ομάδα πληθυσμών που είναι γεωγραφικά διαχωρισμένοι μεταξύ τους, αλλά βρίσκονται σε αναπαραγωγική σύνδεση
 - Ανταλλάσσουν αλληλόμορφα μέσα από ροή γονιδίων
- Ένα **είδος** είναι ένας μεταπληθυσμός με ικανή ροή γονιδίων ώστε να αποτελεί μία **γονιδιακή δεξαμενή** (gene pool) και έτσι να αποτελεί μία εξελικτική **γραμμή καταγωγής** (lineage)



Ποιος ορισμός είναι ο κατάλληλος;

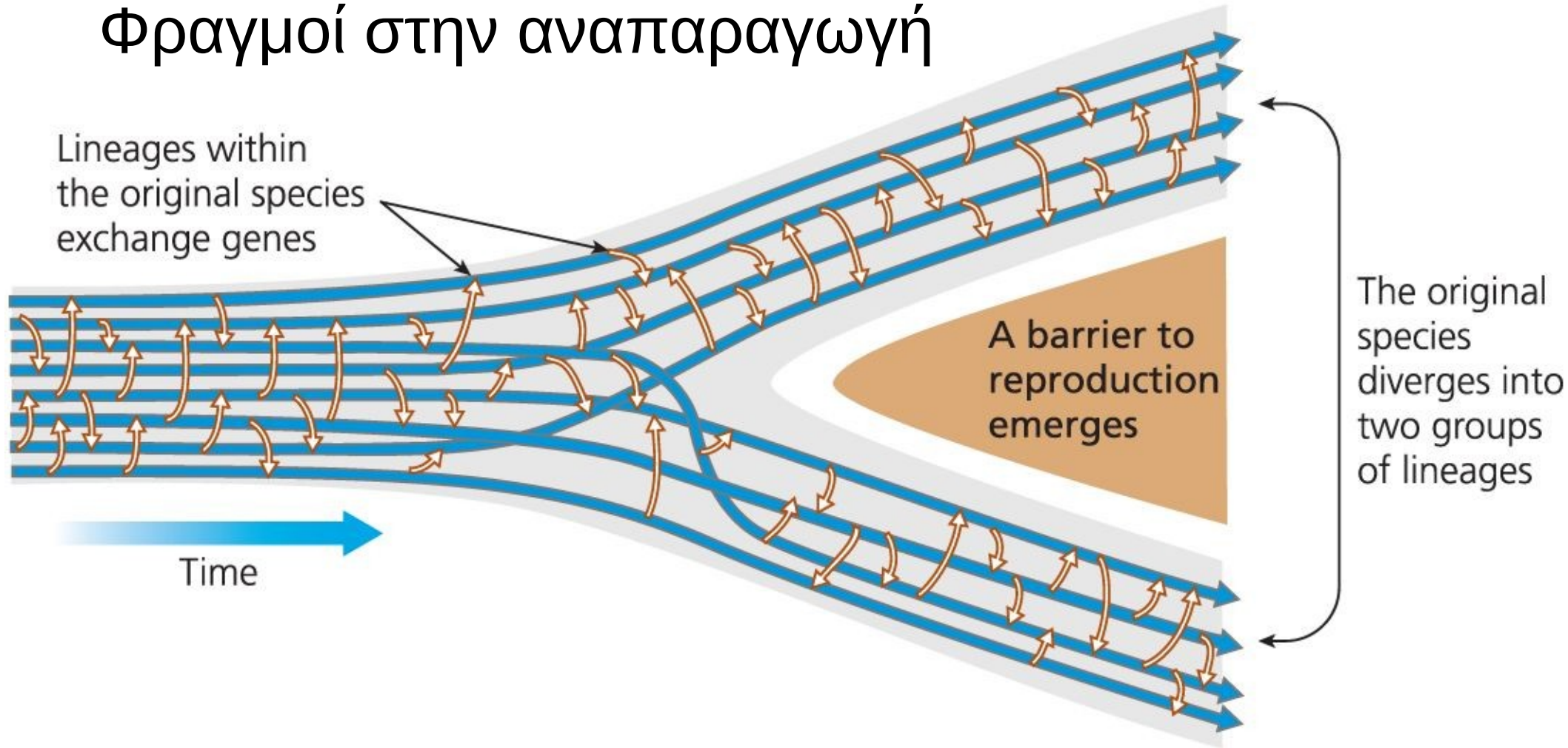
- Κάθε ορισμός δείχνει μια διαφορετική προσέγγιση στην ειδογένεση και είναι χρήσιμος
 - Ο φυλογενετικός ορισμός είναι χρήσιμος στην ταξινόμηση των ειδών
 - Ξεπερνά τα μειονεκτήματα του βιολογικού ορισμού
 - Ο βιολογικός ορισμός ενδιαφέρει πολύ τους εξελικτικούς βιολόγους
 - Θεωρούν την φραγή και την απομόνωση σαν προϋπόθεση του διαχωρισμού των γραμμών καταγωγής και του σχηματισμού ειδών
 - Φραγμοί στη ροή γονιδίων (barriers)



Sula neboxii

Φραγμοί στην αναπαραγωγή

Lineages within
the original species
exchange genes



The original
species
diverges into
two groups
of lineages

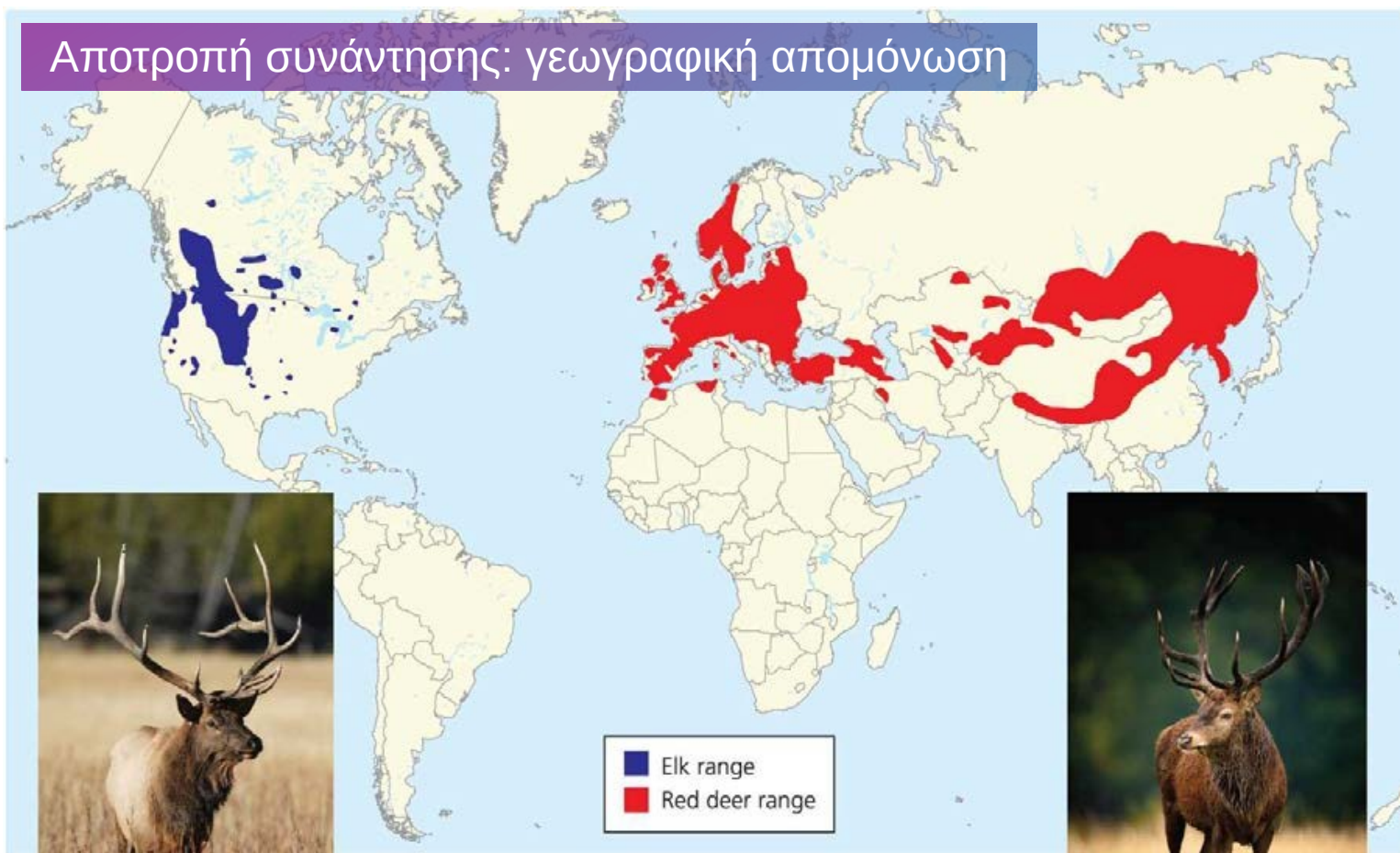
Δύο ακόμα ορισμοί

- Ένας **φραγμός** (barrier) είναι παράγοντας του περιβάλλοντος, των γονιδίων, της ηθολογίας (συμπεριφοράς), της φυσιολογίας ή της οικολογίας ενός είδους που μειώνει ή καταργεί τη ροή γονιδίων από άτομα ενός άλλου είδους
 - Μπορεί να είναι **προζυγωτικός** ή **μεταζυγωτικός**
- **Ειδογένεση** (speciation) είναι η εξελικτική διαδικασία μέσα από την οποία προκύπτει ένα νέο είδος
 - Η ειδογένεση προκαλεί μια εξελικτική γραμμή καταγωγής να διαχωριστεί σε δύο ή περισσότερες γραμμές καταγωγής (cladogenesis)
 - Η γενετική εκτροπή ή / και η φυσική επιλογή μπορούν να δράσουν με διαφορετικό τρόπο στις νέες γραμμές καταγωγής και να οδηγήσουν σε νέα είδη

Κατηγορίες φραγμών

- Προζυγωτική απομόνωση
 - Αποτροπή ζευγαρώματος
 - Αποτροπή συνάντησης
 - Αποτροπή ζευγαρώματος μετά τη συνάντηση
 - Μη σχηματισμός ζυγωτού μετά το ζευγάρωμα
- Μεταζυγωτική απομόνωση
 - Εξωγενής (περιβαλλοντική) μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου
 - Ενδογενής (μη περιβαλλοντική) μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου

Αποτροπή συνάντησης: γεωγραφική απομόνωση

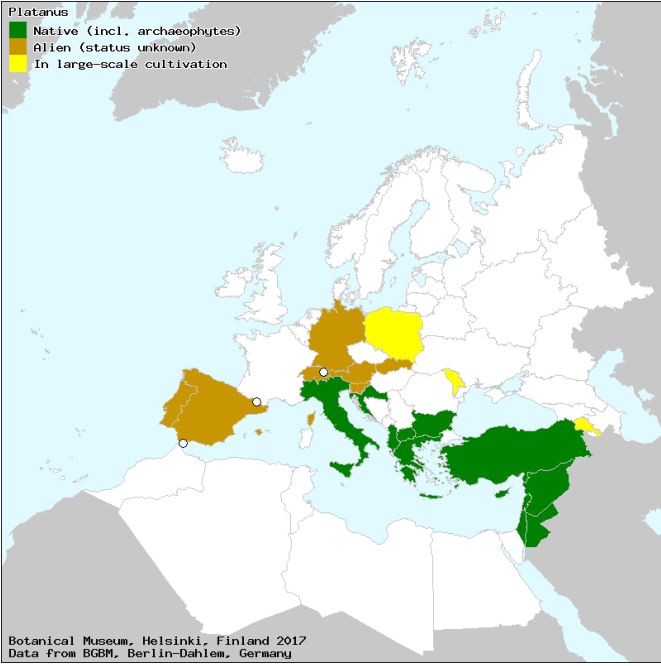
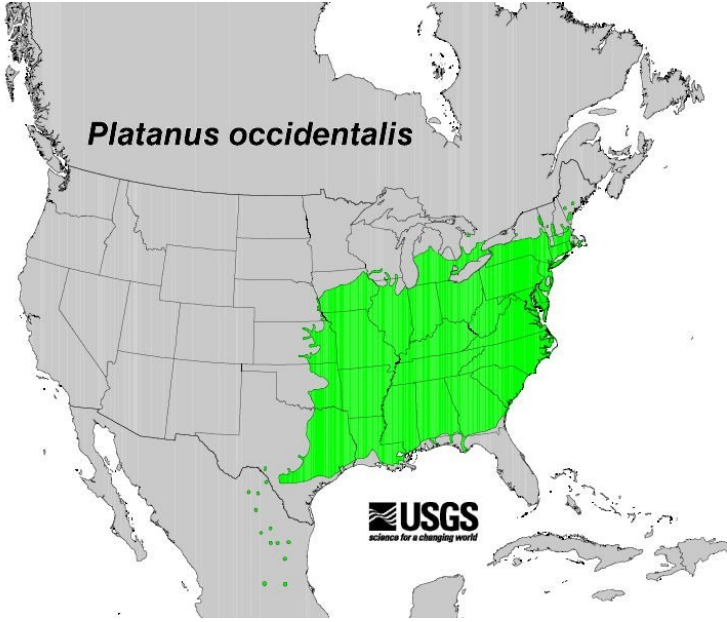


Το ελάφι (*Cervus elaphus*) και το καναδικό ελάφι (*Cervus canadensis*) ζουν σε διαφορετικές ηπείρους και δεν έρχονται σε επαφή για 9000 χρόνια.

Αν συναντηθούν σήμερα δίνουν γόνιμα υβρίδια.

Οι επιστήμονες δεν είναι σίγουροι αν πρόκειται για χωριστά είδη.

Αποτροπή συνάντησης: γεωγραφική απομόνωση



Το ανατολικό και το δυτικό πλατάνι είναι διαχωρισμένα τουλάχιστον 50 εκ. χρόνια, αλλά δίνουν γόνιμα υβρίδια (London plane)



Platanus occidentalis



Platanus orientalis

Φίδια του γένους
Thamnophis στη Β.
Αμερική

Σε υδάτινο περιβάλλον



Thamnophis atratus

Σε χερσαίο περιβάλλον



Thamnophis butleri

Αποτροπή συνάντησης: οικολογική απομόνωση

Οι πασχαλίτσες *Epilachna vigintioctomaculata* και *E. pustulosa* παρασιτούν και τρέφονται σε διαφορετικά φυτά και δεν συναντώνται

E. pustulosa



E. vigintioctomaculata

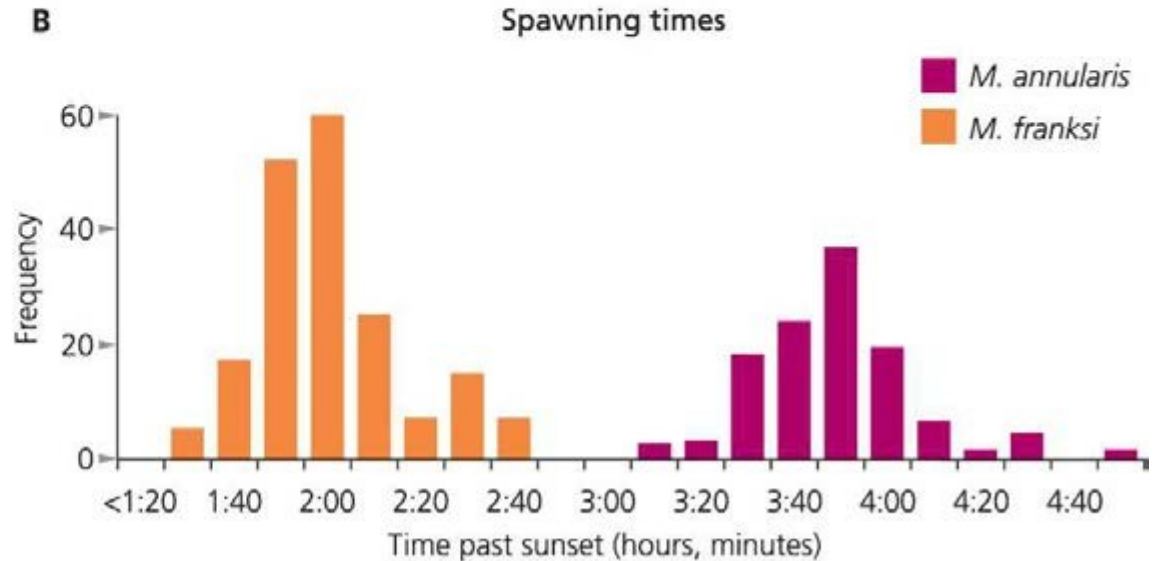
Plant family and species		Ev	Ep
Chenopodiaceae	spinach <i>Spinacia oleracea</i>		+
Berberidaceae	blue cohosh <i>Caulophyllum robustum</i>		+++
Cruciferae	Chinese cabbage <i>Brassica campestris</i>	+	+
Leguminosae	soy bean <i>Glycine max</i>	+	
	scarlet bean <i>Phaseolus coccineus</i>	+	
	yard long bean <i>Vigna Catiang</i> var. <i>sinensis</i>	+	+
Buxaceae	<i>Pachysandra terminalis</i>		+
Araliaceae	sennoki <i>Kalopanax pictus</i>		+
Solanaceae	<i>Physaliastrum japonicum</i>	+	
	black nightshade <i>Solanum nigrum</i>	++?	+
	<i>S. megacarpum</i>	+++	++
	potato <i>S. tuberosum</i>	+++	++?
	egg plant <i>S. melongena</i>	+	+
	tomato <i>Lycopersicon esculentum</i>	+	+
	green pepper <i>Capsium annuum</i>	+	+
Cucurbitaceae	<i>Datura stramonium</i> var. <i>chalybea</i>	+	
	<i>Schizopepon bryoniaefolius</i>	+++	+
	water melon <i>Citrullus vulgaris</i>	+	
	cucumber <i>Cucumis sativus</i>	+	+
	melon <i>C. melo</i>	+	
Compositae	pumpkin <i>Cucurbita pepo</i>	+	
	thistle <i>Cirsium</i> spp.		+++
	creeping thistle <i>Breea setosa</i>	+	++
	great burdock <i>Arctium Lappa</i>	+	+

+++ main host plant; ++ subsidiary host plant; + edible plant; ? assumed.

Αποτροπή ζευγαρώματος: χρονική απομόνωση



Δύο διαφορετικά είδη κοραλλιών *Montastraea* απελευθερώνουν γαμέτες σε διαφορετικό χρόνο



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

A: Universal Images Group / Superstock, Inc.

Αποτροπή ζευγαρώματος: χρονική απομόνωση

Ο φρύνος *Bufo americanus* αναπαράγεται νωρίς το καλοκαίρι, ενώ ο *B. fowleri* αναπαράγεται προς το τέλος του καλοκαιριού

Bufo americanus



Bufo fowleri



Αποτροπή ζευγαρώματος: χρονική /οικολογική απομόνωση

Το είδος *Dendrobium nobile* ανθίζει όταν υπάρχει συγκεκριμένη θερμοκρασία 13°C



Το είδος *Dendrobium phalaenopsis* ανθίζει όταν η μέρα είναι μικρή, με σχετική ζέστη



(A) *M. lewisii*



(B) *M. cardinalis*



FIGURE 9.7 Pollinator isolation in monkeyflowers. (A) *Mimulus lewisii* has the broadly splayed petals characteristic of many bee-pollinated flowers. (B) *M. cardinalis* has the red coloration and narrow, tubular form that have evolved independently in many bird-pollinated flowers. (C) Some F₂ hybrids, showing the variation that Schemske and Bradshaw used to analyze the genetic basis of differences between these two species. (From [92].)

A



B

Φυλετική απομόνωση λόγω χημικών σημάτων:

Η πεταλούδα *Ostrinia nubilalis* έχει στην Ευρώπη δύο πληθυσμούς, όπου τα αρσενικά ελκύονται από τελείως διαφορετικές φερομόνες που εκπέμπουν τα θηλυκά.



Φυλετική απομόνωση μέσω ηχητικών καλεσμάτων:

Ο θηλυκός δενδροβάτραχος *Hyla chrysoscelis* ανταποκρίνεται αποκλειστικά στο κάλεσμα του αρσενικού του δικού του είδους και όχι σε παρεμφερές κάλεσμα από άλλα είδη.



Hyla chrysoscelis

Heliconius cydno



Φυλετική απομόνωση μέσω χρωματισμών:

Τα αρσενικά των ειδών *Heliconius* ξεχωρίζουν τα θηλυκά από τα σχέδια και τα χρώματα στα φτερά.



Heliconius pachinus

Αποτροπή ζευγαρώματος: προσέλκυση συντρόφου

Φυλετική απομόνωση μέσω ηχητικών καλεσμάτων: τα δύο πτηνά του γένους *Sturnella* δεν μπορούν να αναπαραχθούν μεταξύ τους γιατί δεν έχουν το ίδιο «τραγούδι»



Sturnella magna



Sturnella neglecta

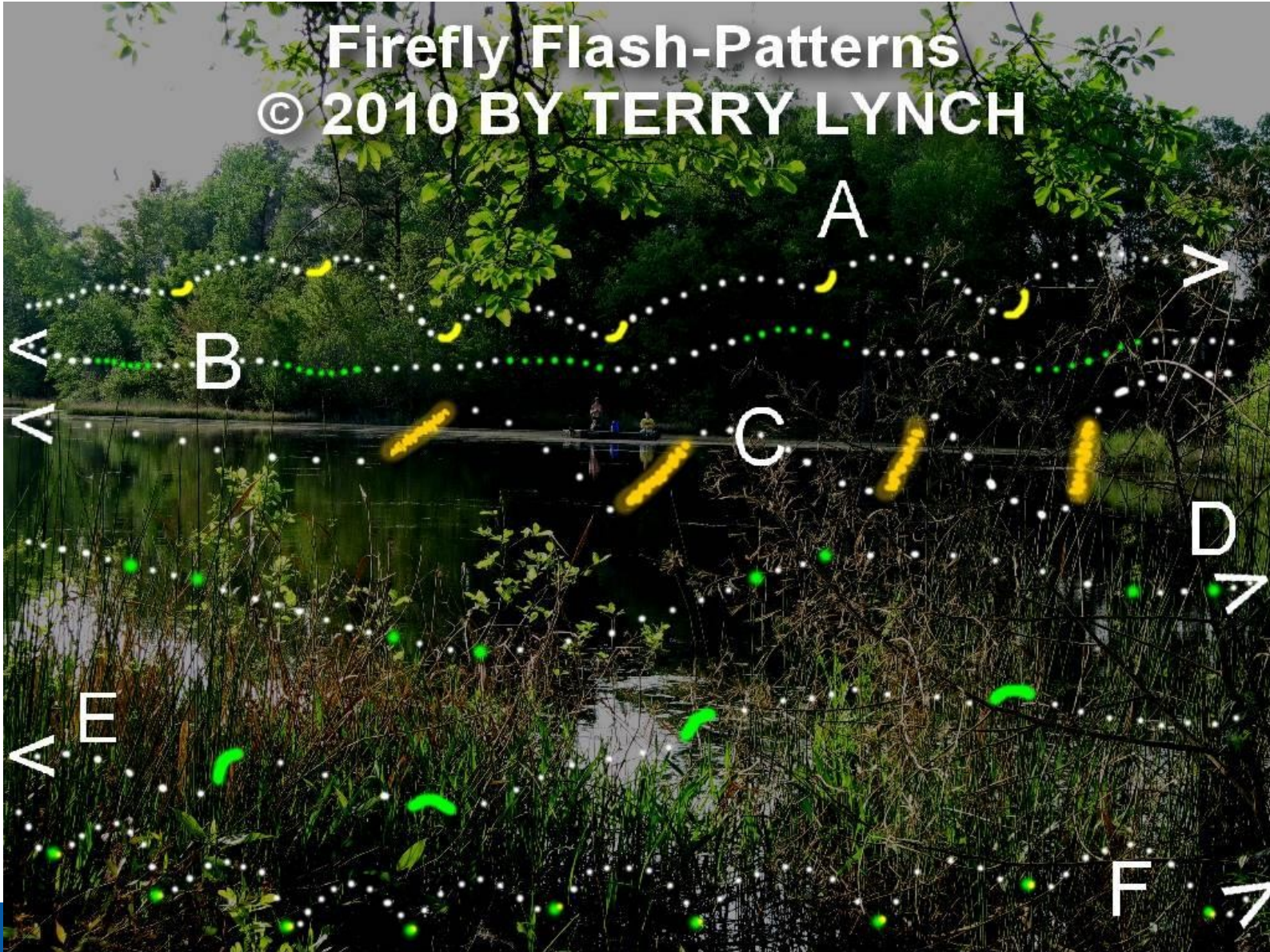
Αποτροπή
ζευγαρώματος:
προσέλκυση
συντρόφου

Φυλετική απομόνωση
μέσω φωτεινών
προτύπων:

Διαφορετικά είδη
πυγολαμπίδας
εκπέμπουν
διαφορετικά πρότυπα
φωτισμού και με τον
τρόπο αυτό τα
αρσενικά
αναγνωρίζουν τα
θηλυκά του δικού τους
είδους

Firefly Flash-Patterns

© 2010 BY TERRY LYNCH



Αποτροπή ζευγαρώματος: προσέλκυση συντρόφου



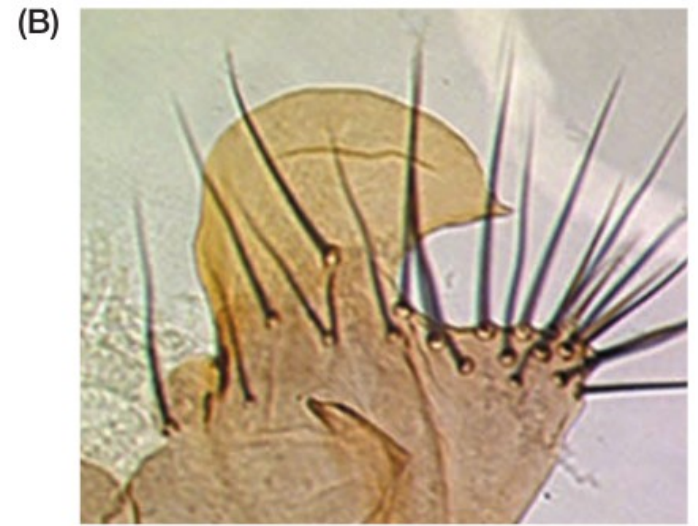
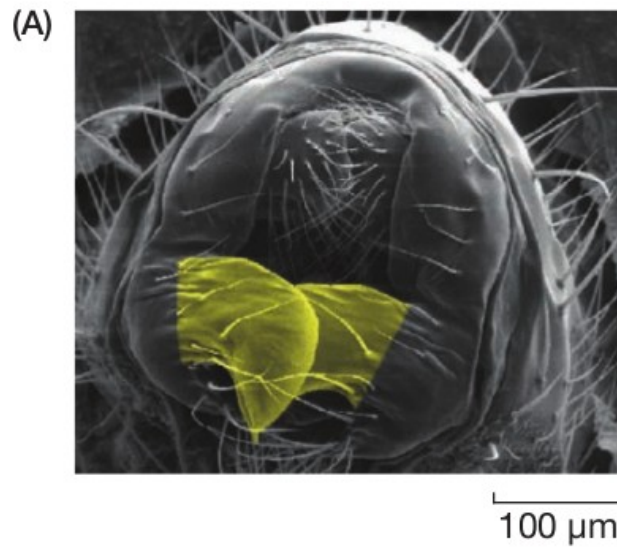
Φυλετική απομόνωση
μέσω χορευτικών
κινήσεων:

Το αρσενικό
θαλασσοπούλι
Sula nebouxi εκτελεί
ένα συγκεκριμένο
σύνολο χορευτικών
κινήσεων για να γίνει
αποδεκτό από το
θηλυκό. Συγγενικά είδη
κάνουν ελαφρώς
διαφορετικές κινήσεις,
κάτι που είναι αρκετό
για να τα απομονώσει
αναπαραγωγικά
μεταξύ τους.



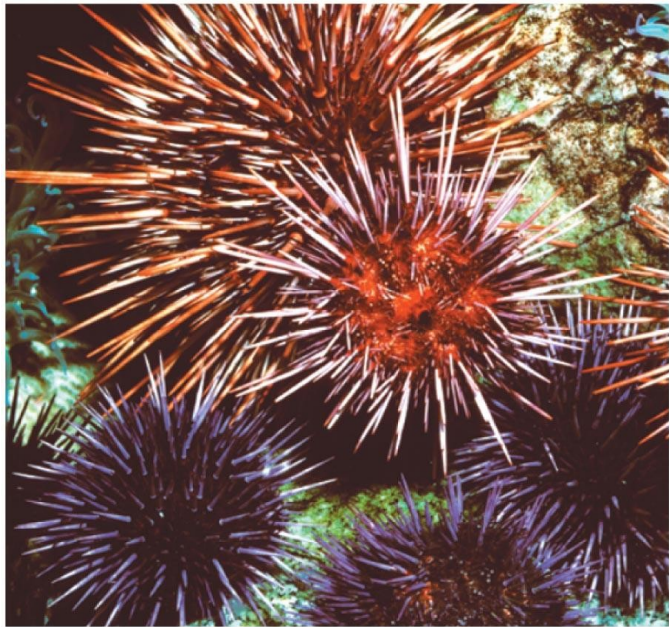
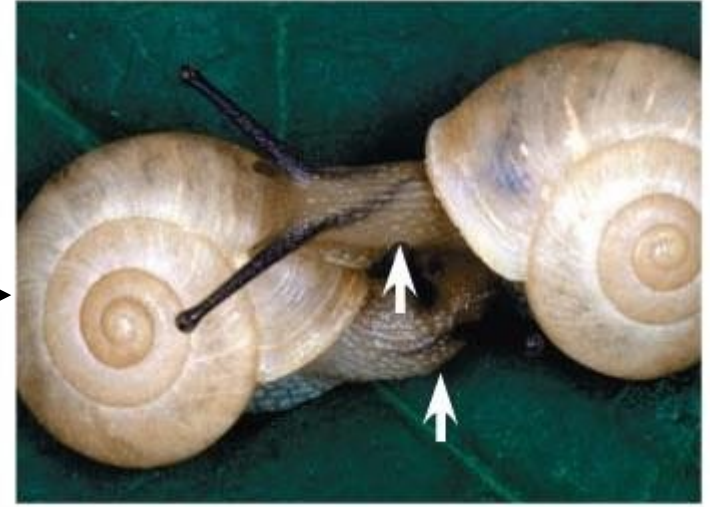
Αποτυχία γονιμοποίησης: μορφολογική ασυμβατότητα

FIGURE 9.10 Differences in genitalia can contribute to reproductive isolation between species if copulation between them occurs. (A) The genital arch in male *Drosophila* is involved in transferring sperm to females. Its shape differs among closely related species, as the close-ups show: (B) *D. sechellia*, (C) *D. mauritiana*, (D) *D. simulans*. This morphological feature is almost the only one by which these species differ. (A from [53]; B, C, and D courtesy of J. R. True.)



Αποτυχία γονιμοποίησης:
μορφολογική ασυμβατότητα

Τα σαλιγκάρια με διαφορετική φορά σπείρωσης
στο κέλυφος δεν είναι συμβατά



Ασυμβατότητα γαμετών σε διαφορετικά είδη
αχινού: οι γαμέτες δεν επιζούν μέσα στο
αναπαραγωγικό σύστημα του άλλου φύλου

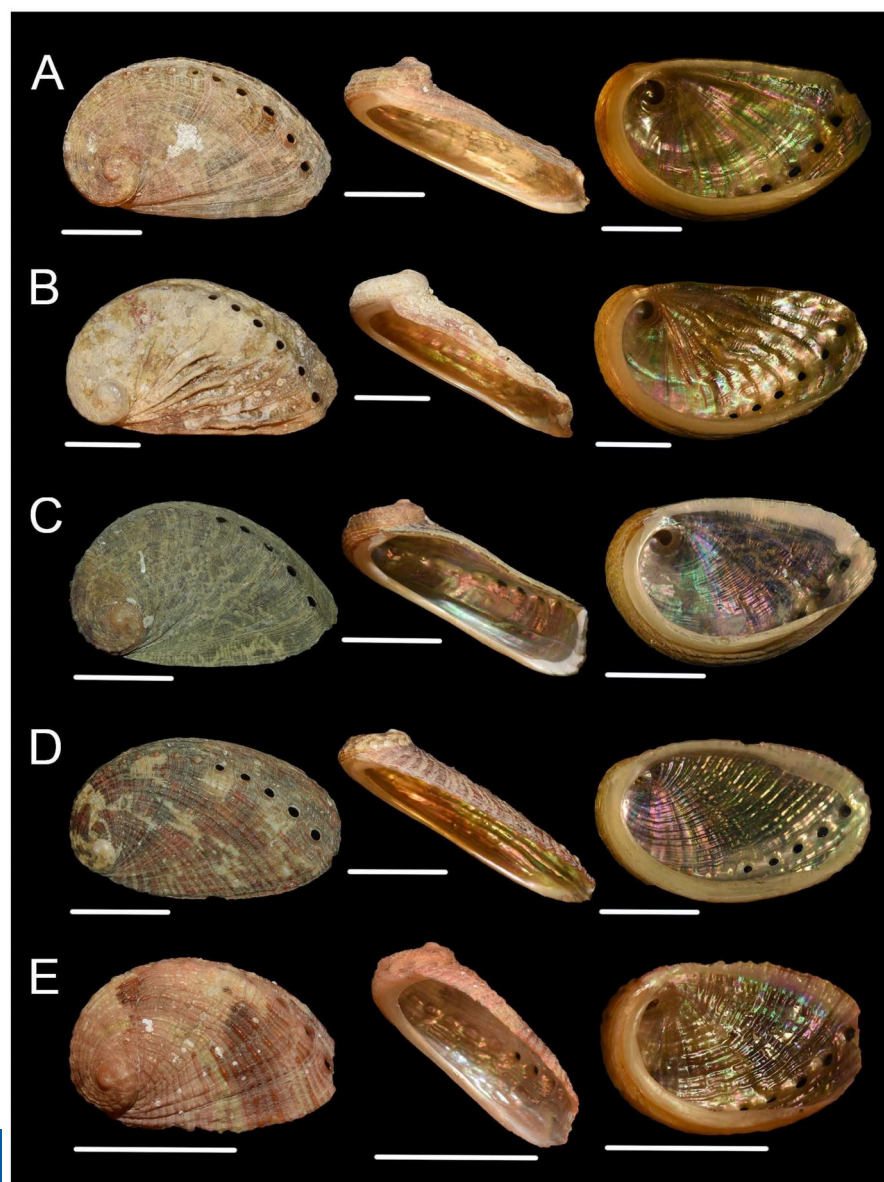
Αποτυχία γονιμοποίησης:
γαμετική ασυμβατότητα

Αποτυχία γονιμοποίησης: γαμετική ασυμβατότητα

Στα στρείδια της οικογένειας *Haliotis* (abalone), το σπέρμα φέρει την πρωτεΐνη λυσίνη στην κορυφή του σπέρματος προκειμένου να δημιουργήσει άνοιγμα στην προστατευτική επιφάνεια του ωαρίου. Κάθε είδος έχει διαφορετική αλληλουχία αμινοξέων για τη λυσίνη, κάνοντας τους γαμέτες διαφορετικών ειδών ασύμβατους.

(A) *Haliotis tuberculata tuberculata*, (B) *Haliotis tuberculata tuberculata* with lamellae, (C) *Haliotis mykonosensis*, (D) *Haliotis tuberculata coccinea*, (E) *Haliotis stomatiaeformis*

Chiappa, G.; Fassio, G.; Corso, A.; Crocetta, F.; Modica, M.V.; Oliverio, M.
How Many Abalone Species Live in the Mediterranean Sea? *Diversity*
2022, 14, 1107. <https://doi.org/10.3390/d14121107>



Κατηγορίες φραγμών

- Προζυγωτική απομόνωση
 - Αποτροπή ζευγαρώματος
 - Αποτροπή συνάντησης
 - Αποτροπή ζευγαρώματος μετά τη συνάντηση
 - Μη σχηματισμός ζυγωτού μετά το ζευγάρωμα
- Μεταζυγωτική απομόνωση
 - Εξωγενής (περιβαλλοντική) μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου
 - Ενδογενής (μη περιβαλλοντική) μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου

Εξωγενής (περιβαλλοντική) απομόνωση: μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου

Οι γονείς είναι καλά προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους, αλλά τα υβρίδια όχι. Οι πεταλούδες *Heliconius* έχουν κακή γεύση και προειδοποιούν τα πουλιά με το χρώμα τους. Τα υβρίδια δεν είναι γνωστά στα πουλιά και δέχονται πολύ περισσότερες επιθέσεις.

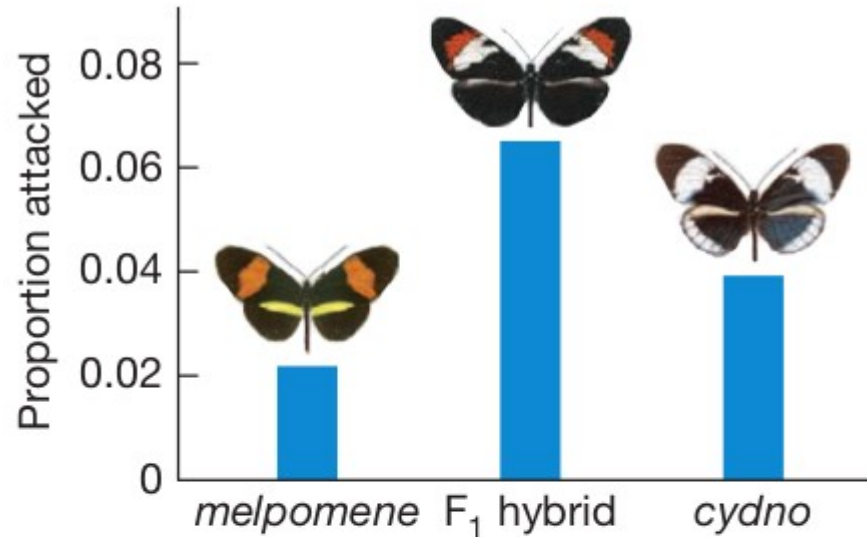
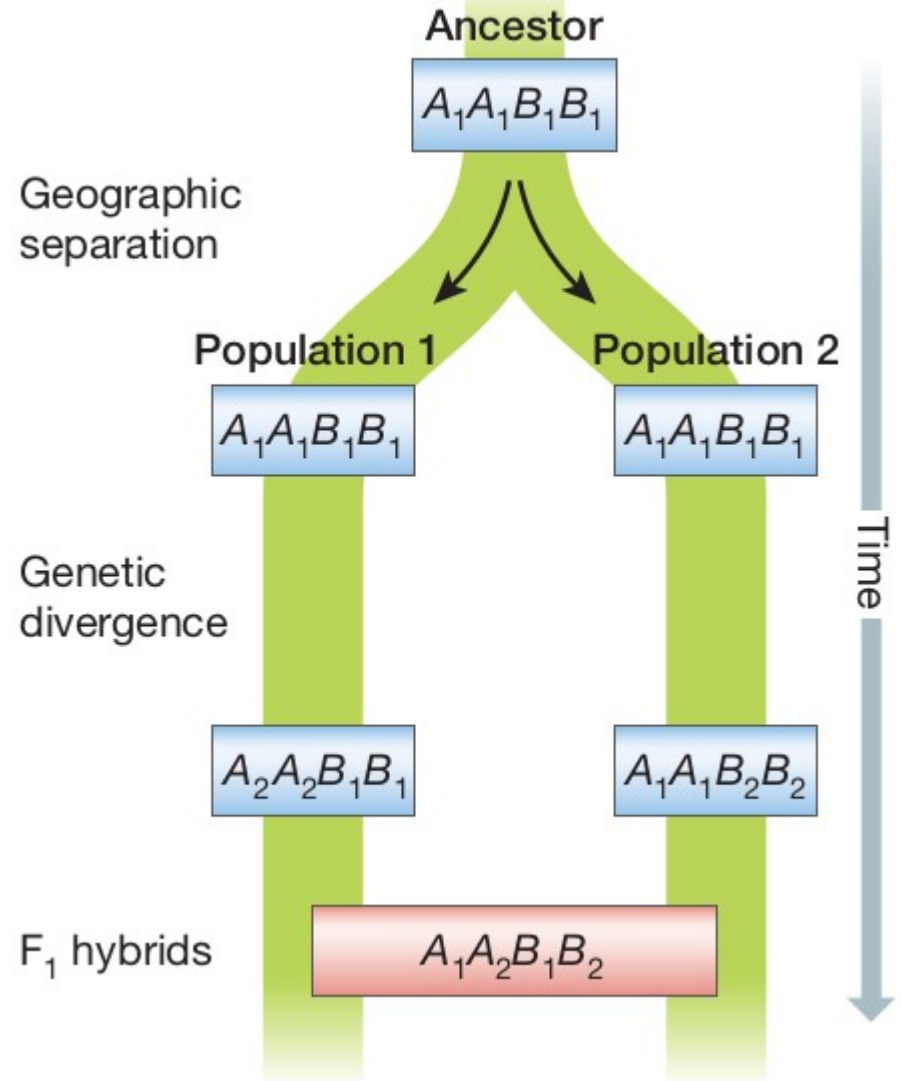


FIGURE 9.11 Model butterflies with the color pattern of the F₁ hybrid between *Heliconius melpomene* and *H. cydno* were attacked by birds significantly more frequently than those with the pattern of either parent. The low survival of hybrids is an example of postzygotic isolation caused by an extrinsic factor. (From [60].)

Ενδογενής (γενετική) απομόνωση: μειωμένη
αρμοστικότητα υβριδίου

Οι συνδυασμοί των γονιδίων (χρωμοσωμάτων,
γονιδιωμάτων) των δύο γονέων δημιουργούν
υβρίδια που έχουν χαμηλή αρμοστικότητα
(μειωμένη βιωσιμότητα ή στειρότητα)

Υπόθεση ασυμβατότητας Dobzhansky-Muller



Ενδογενής (γενετική) απομόνωση: μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου

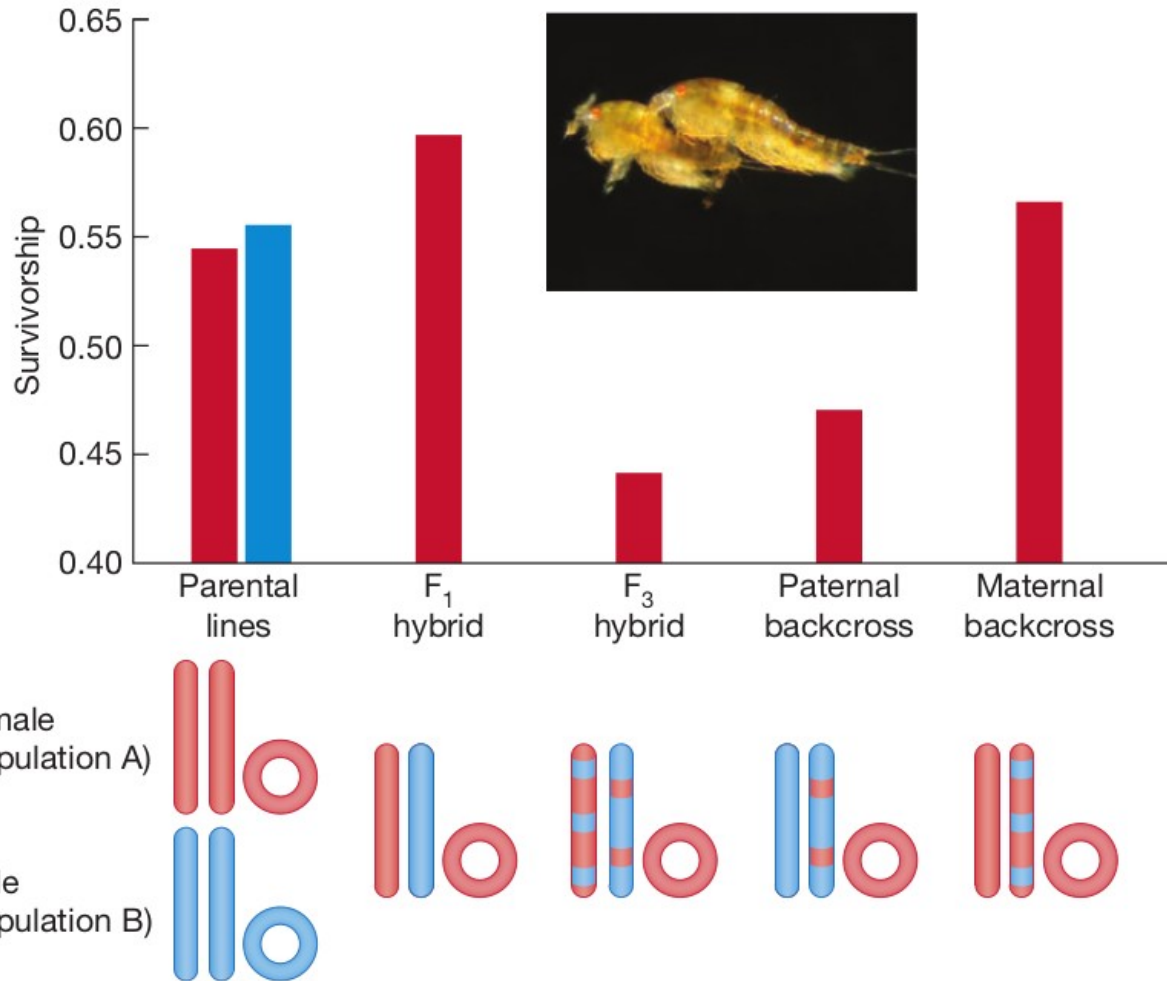


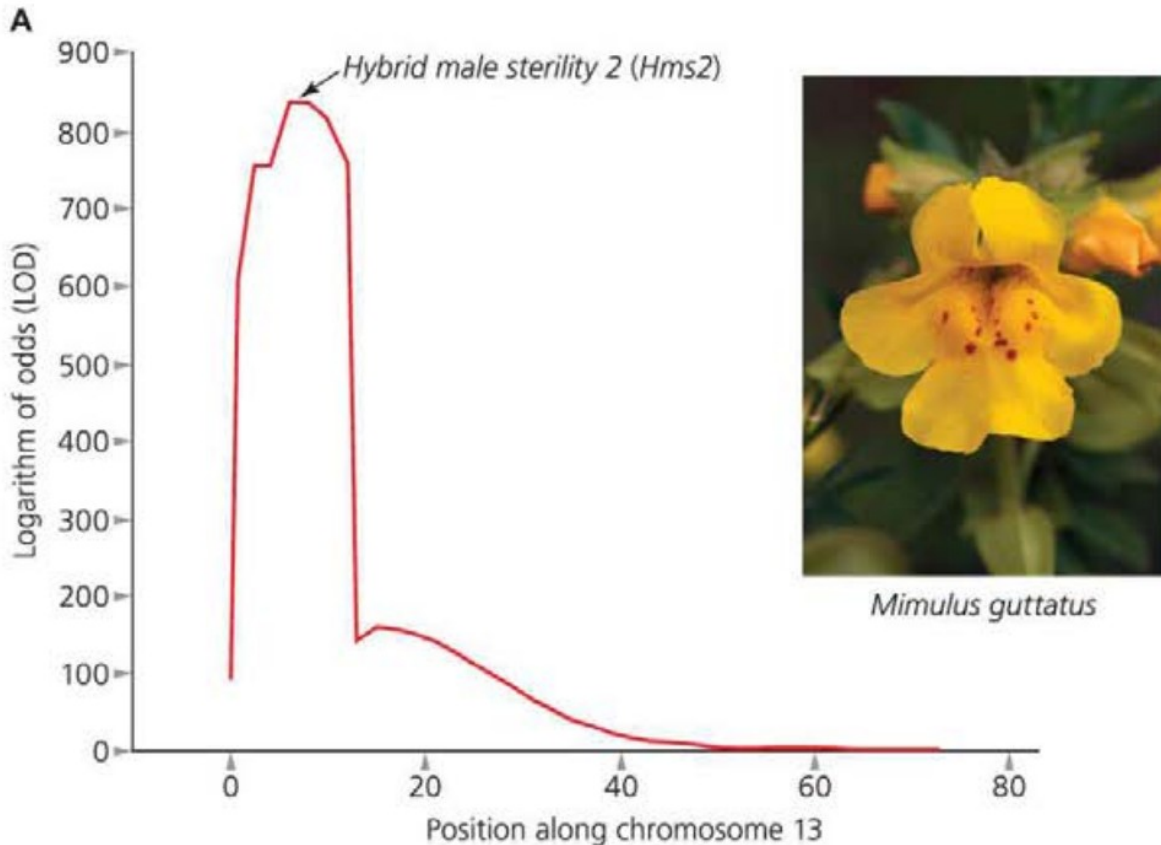
FIGURE 9.13 Crosses show that the low fitness of hybrids between populations of the copepod *Tigriopus californicus* is caused by a genetic mismatch between mitochondrial and nuclear genes. Maternally inherited mitochondria (circles) and nuclear chromosomes inherited from both parents (rods) of populations A and B are colored red and blue, respectively. Crosses produce F₁ hybrids with population A mitochondria. These F₁ offspring have slightly higher survival, showing “hybrid vigor.” Crosses then produce F₂ and F₃ hybrids, with recombined nuclear genes. The paternal backcross is produced by mating F₃ females with population B males. These offspring have low fitness, because most of the nuclear genes come from population B and are mismatched to the mitochondrial genes from population A. In contrast, offspring of the maternal backcross, in which most of the nuclear genes come from the same population as the mitochondria, have normal, high survival. (After [9].)

Ενδογενής (γενετική) απομόνωση: μειωμένη αρμοστικότητα υβριδίου

Τα συγγενικά είδη *Mimulus guttatus* και *M. nasutus* συναντώνται στην Καλιφόρνια και σχηματίζουν υβρίδια. Η γύρη των υβριδίων είναι συνήθως ελαττωματική.

Βρέθηκαν δύο γονίδια που σχετίζονται με τη γονιμότητα της γύρης τα *Hms1* και *Hms2*.

Όταν συνδυάζεται ένα αλληλόμορφο του *M. guttatus* στο *Hms1* με ένα του *M. nasutus* στο *Hms2*, τότε η γύρη είναι χαμηλής ζωτικότητας



Mimulus guttatus



Mimulus nasutus

Ενδογενής (γενετική) απομόνωση: στεριότητα υβριδίου

Τα μουλάρια (υβρίδια μεταξύ αλόγων και γαϊδουριών) έχουν μονό αριθμό χρωμοσωμάτων και είναι στείρα.

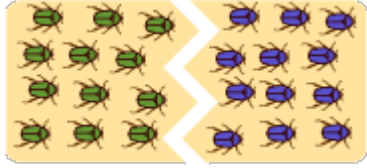
Άλογο: 64 χρωμοσώματα (32 ζεύγη)
Γάιδαρος: 62 (31 χρωμοσώματα)
Μουλάρι: 63 χρωμοσώματα



Μηχανισμοί ειδογένεσης

- Η ειδογένεση είναι η εξέλιξη των μηχανισμών απομόνωσης
- Η πιο συνήθης περίπτωση περιλαμβάνει έναν αρχικό **γεωγραφικό διαχωρισμό** και τη διακοπή επικοινωνίας μεταξύ των δύο πληθυσμών
 - Στη συνέχεια, οι πληθυσμοί εξελίσσονται αυτόνομα και αποκτούν μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές ή προσαρμόζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα
 - Αν τελικά προκληθεί αναπαραγωγική απομόνωση, τότε έχουμε δύο νέα είδη και ο μηχανισμός αυτός λέγεται **αλλοπάτρια ειδογένεση**
- Ο γεωγραφικός διαχωρισμός είναι σημαντική αρχική συνθήκη για να περιοριστεί η ροή γονιδίων μεταξύ των πληθυσμών και να επιτραπεί η δράση των εξελικτικών δυνάμεων χωριστά

Αλλοπάτρια ειδογένεση

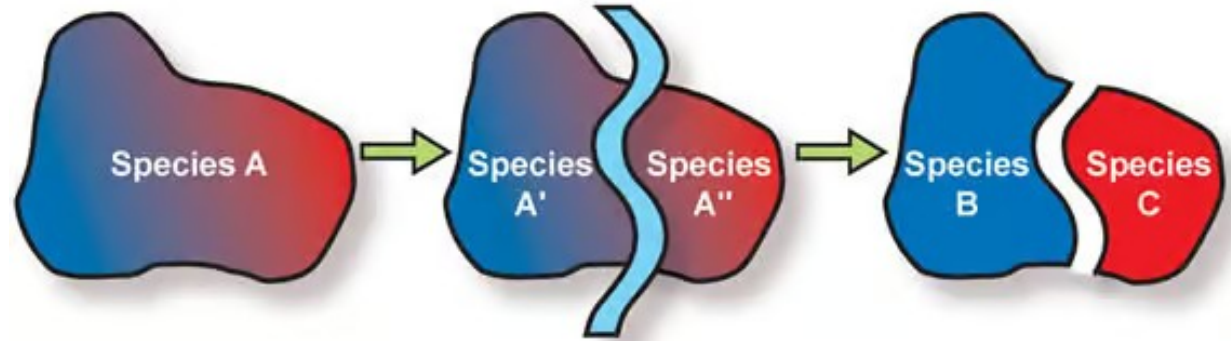


Η γεωγραφική απομόνωση συμβαίνει μέσω

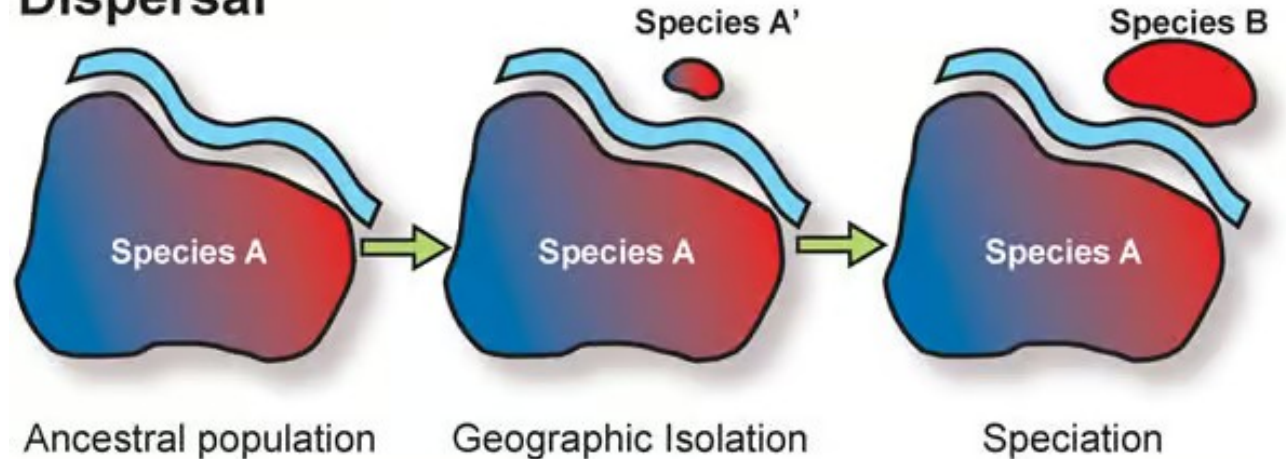
Βικαριανισμού: διαίρεση της γεωγραφικής εξάπλωσης ενός πληθυσμού

Διασποράς: αποικισμός μιας νέας περιοχής

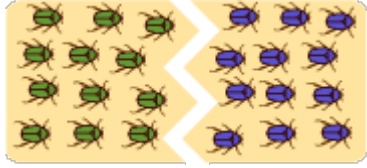
Vicariance



Dispersal



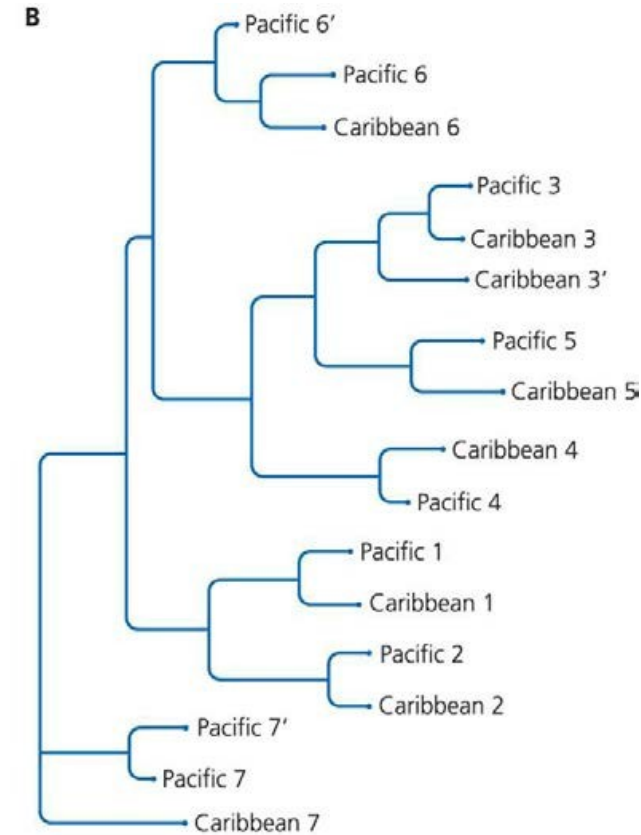
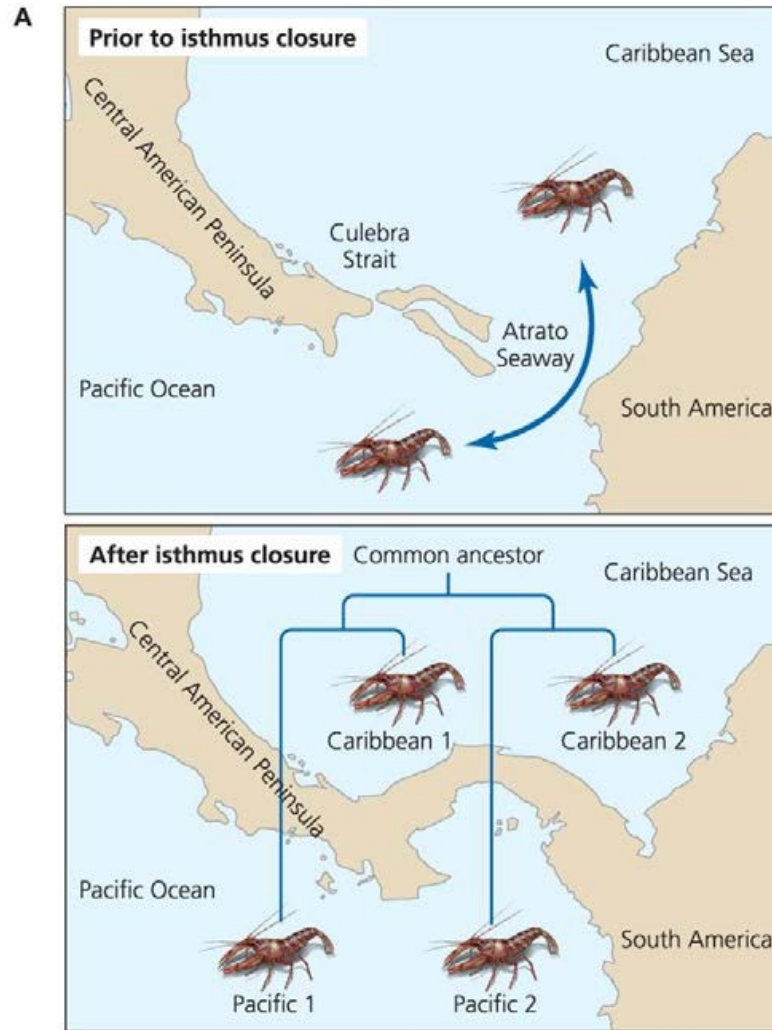
Αλλοπάτρια ειδογένεση



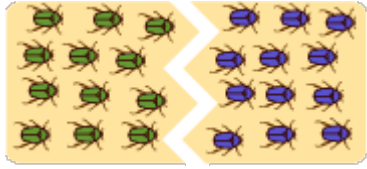
Ο ισθμός του Παναμά σχηματίστηκε πριν 3 εκ χρόνια.

Γενετικές έρευνες έδειξαν ότι κάποια είδη γαρίδας είχαν τον πλησιέστερο συγγενή στην άλλη πλευρά του ισθμού:

Βικαριανισμός



Αλλοπάτρια ειδογένεση



Το Grand Canyon στις ΗΠΑ αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην κίνηση πληθυσμών και προκαλεί φαινόμενα βικαριανισμού.

Εδώ για είδη των γενών *Ammospermophilus* και *Sciurus*.



A. harrisi



A. leucurus



S. aberti aberti

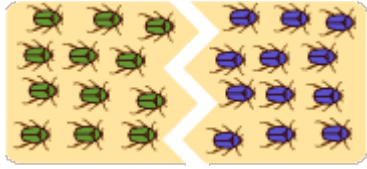
south rim



S. aberti kaibabensis

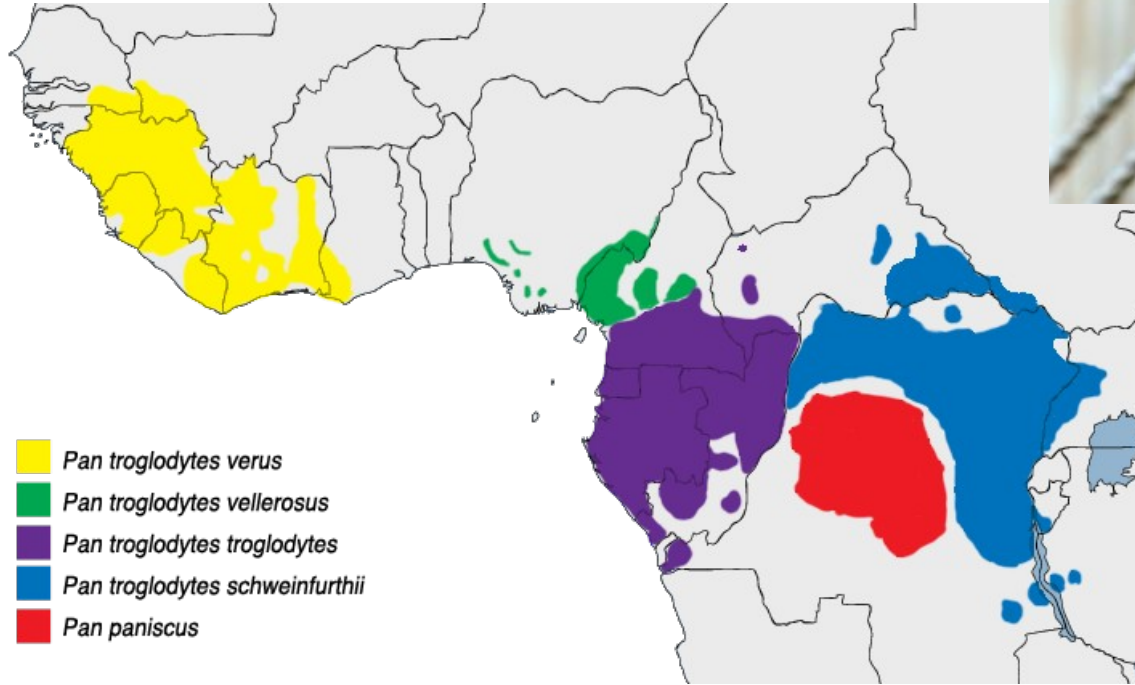
north rim

Αλλοπάτρια ειδογένεση



Βικαριανισμός

Ο ποταμός Κονγκό διαχωρίζει υποείδη του χιμπατζή και τον μπονόμπο μεταξύ τους

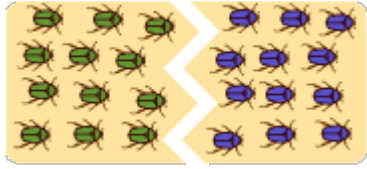


Pan paniscus



Pan troglodytes

Αλλοπάτρια ειδογένεση

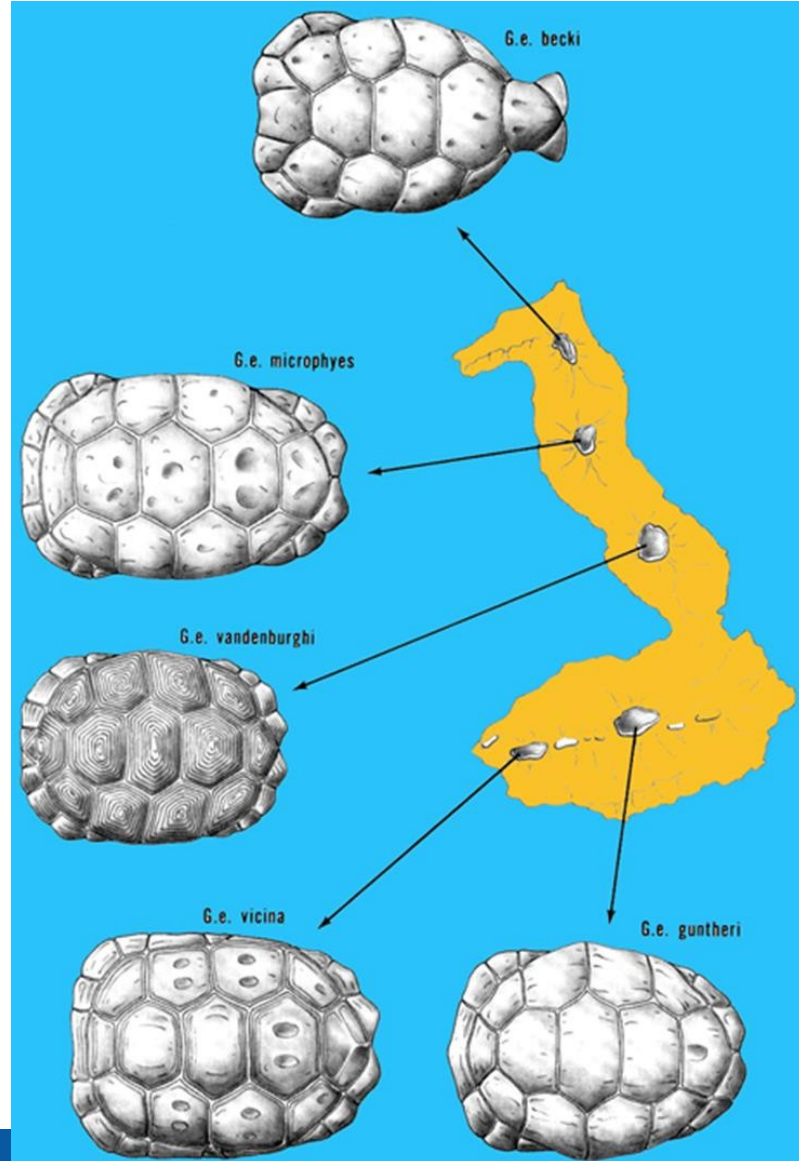
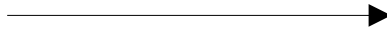


Προσαρμοστική διασπορά (adaptive radiation)

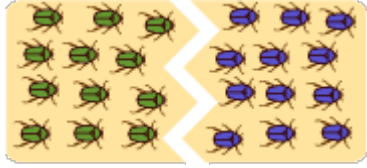
Εξάπλωση πληθυσμών ή ειδών σε νέα περιβάλλοντα με εξελικτική απόκλιση λόγω προσαρμογής.

Προκαλείται από πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα, όπου εξαπλώνεται ένα αρχικό είδος, συνήθως με απουσία φυσικών εχθρών και ανταγωνιστικών ειδών στα νέα αυτά περιβάλλοντα.

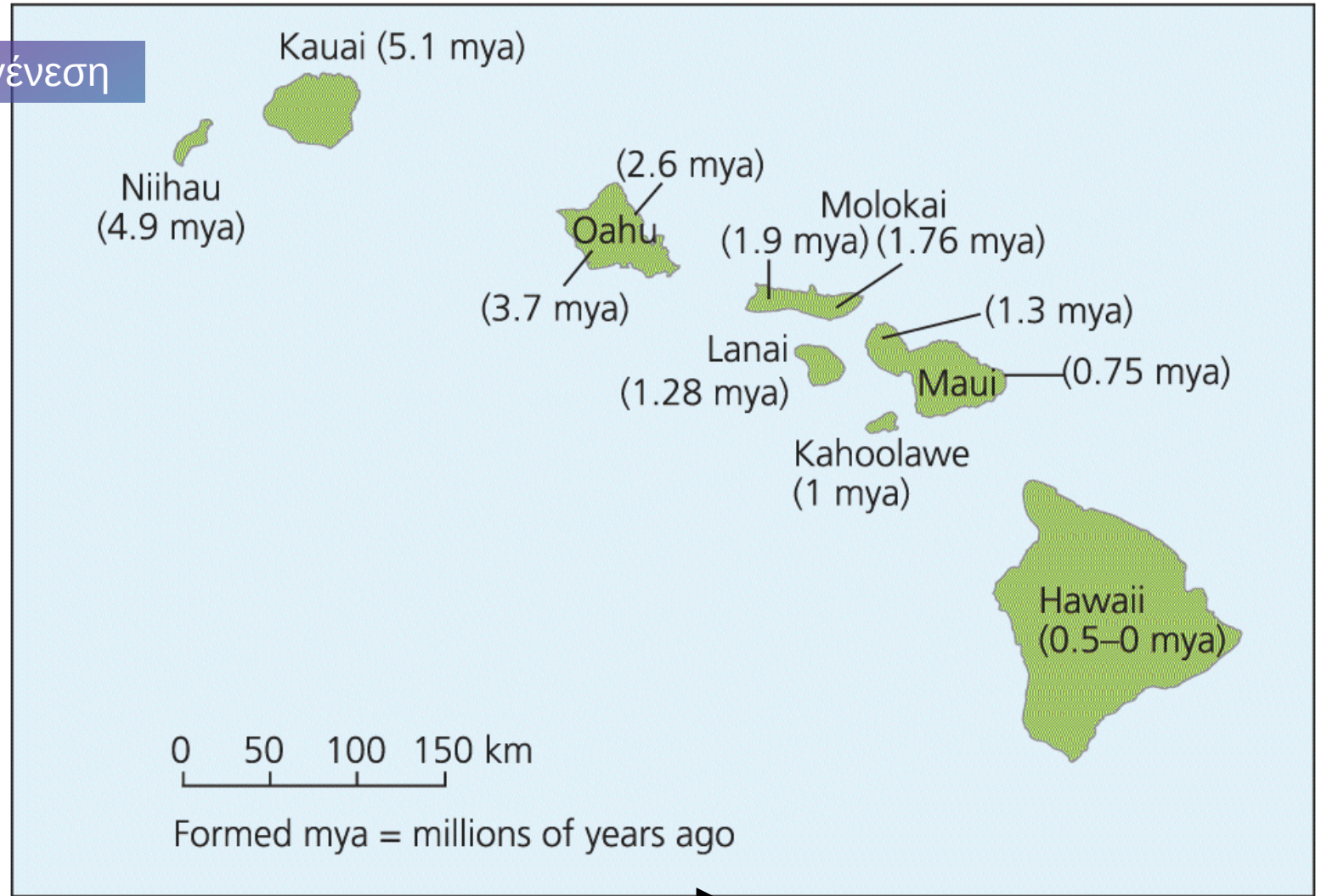
Διαφορετικά είδη χελώνας στα νησιά Galapagos



Αλλοπάτρια ειδογένεση

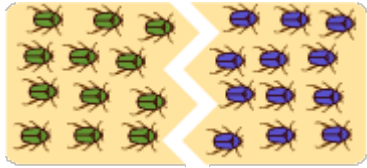


Το αρχιπέλαγος της Χαβάης είναι ένα πολύ καλά μελετημένο παράδειγμα προσαρμοστικής διασποράς



“Tarweeds” of Hawaiian Islands

Αλλοπάτρια ειδογένεση



Dubautia laxa



Close North American relative, the tarweed *Carlquistia muirii*



Argroxiphium sandwicense



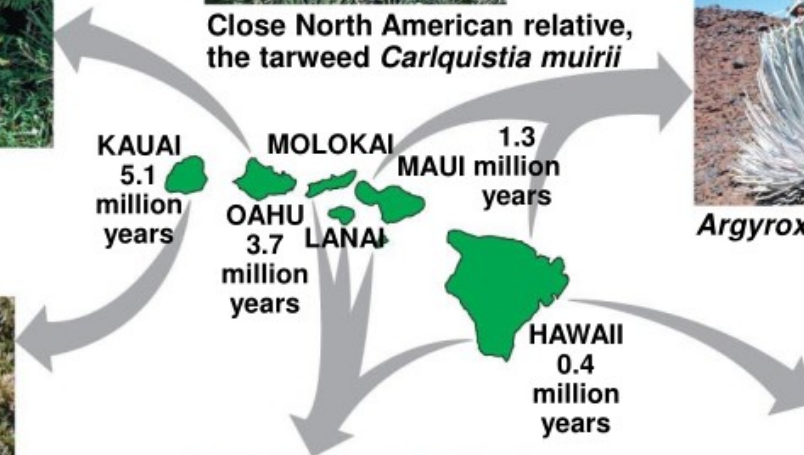
Dubautia waialealae



Dubautia scabra



Dubautia linearis



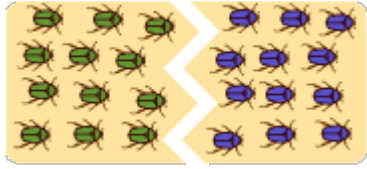
KAUAI
5.1
million
years

MOLOKAI
OAHU
3.7
million
years

MAUI
1.3
million
years

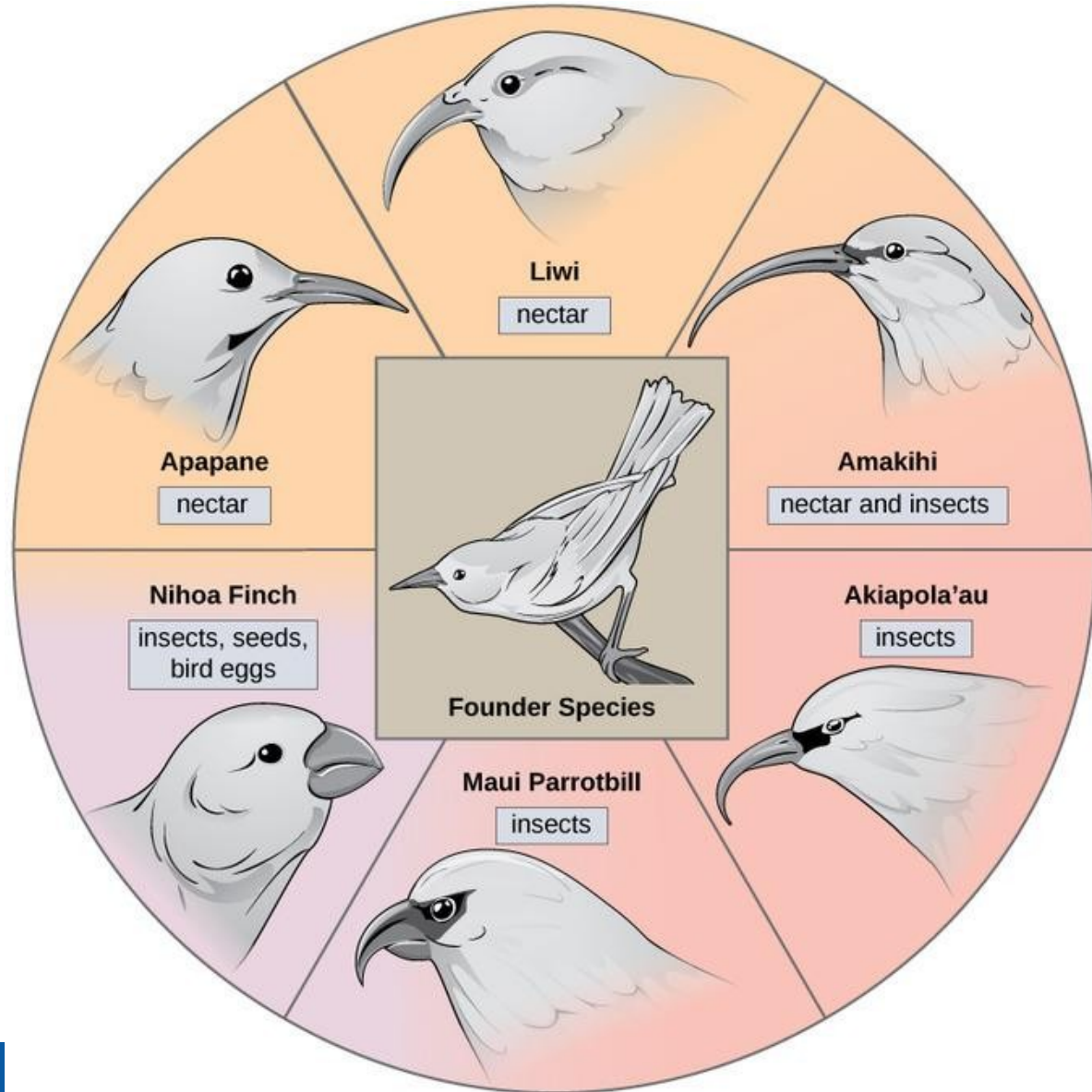
HAWAII
0.4
million
years

Αλλοπάτρια ειδογένεση



Μελισσοφάγοι στα νησιά Χαβάη

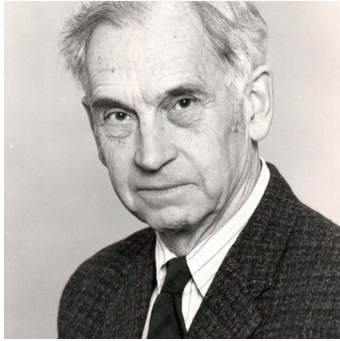
Στο αρχιπέλαγος Χαβάη η φυσική επιλογή οδήγησε σε προσαρμογή των πτηνών σε διαφορετικά είδη τροφής. Τα πτηνά αρχικά ανήκαν σε ένα συγκεκριμένο είδος που μετανάστευσε προς τα διάφορα νησιά του αρχιπελάγους



Η αρχή του ιδρυτή

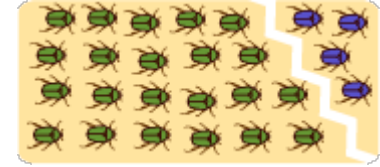


- Στη γεωγραφική απομόνωση, δεν είναι μόνο η φυσική επιλογή που προκαλεί διαφοροποίηση και ειδογένεση, αλλά και η γενετική εκτροπή
 - Ιδιαίτερα όταν ιδρύονται νέοι πληθυσμοί μικρού μεγέθους
- **Περιπάτρια ειδογένεση**
 - Αρχή του ιδρυτή
- Διαφοροποίηση περιφερειακών πληθυσμών λόγω μικρού πληθυσμιακού μεγέθους
 - Μικροί και απομονωμένοι πληθυσμοί εμφανίζουν πολύ έντονες διαφορές σε σχέση με τους κύριους πληθυσμούς
 - Ιδρύονται από λίγα άτομα που αποκόπτονται από τον κυρίως πληθυσμό
- Ραγδαία διαφοροποίηση λόγω εκτροπής σε όλα τα γονίδια!



Ernst Mayr (1904 - 2005)

Η αρχή του ιδρυτή



Γενετική επανάσταση

Το φαινόμενο του ιδρυτή ονομάστηκε από τον Mayr και «γενετική επανάσταση» λόγω της ραγδαιότητας με την οποία γίνονται οι αλλαγές στους νέους πληθυσμούς

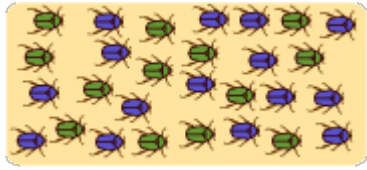
Εκτός από τη γενετική εκτροπή, κατά την περιπάτρια ειδογένεση δρα ταυτόχρονα και η φυσική επιλογή, που οδηγεί σε προσαρμογή σε νέα περιβάλλοντα

Η διαφορά της περιπάτριας από την περίπτωση της διασποράς (αλλοπάτρια ειδογένεση) είναι ότι στην πρώτη περίπτωση ο νέος πληθυσμός που ιδρύεται είναι μικρός και η **γενετική εκτροπή** είναι η βασική δύναμη που προκαλεί εξέλιξη

Περιπάτρια
ειδογένεση*T. carolinae**T. riedellii*

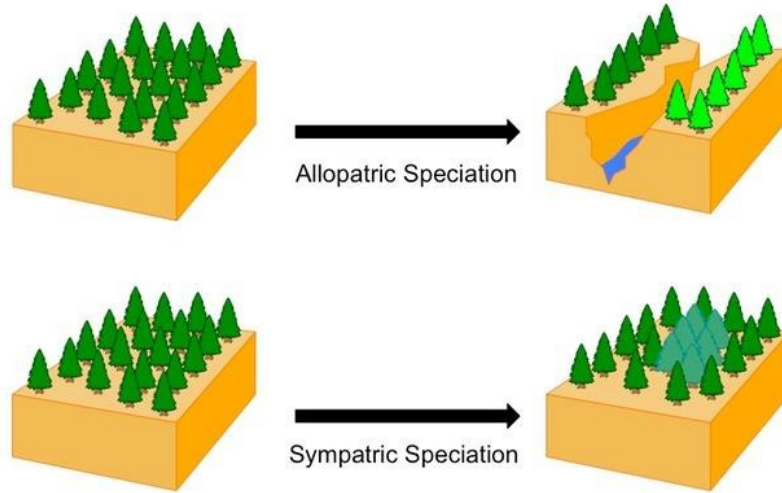
FIGURE 9.21 Variation among paradise kingfishers in New Guinea. *Tanysiptera galatea* is distributed throughout the New Guinea lowlands (regions 1, 2, 3) and some satellite islands (4, 5). The very localized forms *T. riedellii* on Biak Island (6) and *T. carolinae* on Numfor Island (7) are distinct species. Mayr [56] proposed that these represent cases of founder effect speciation. (*T. galatea* photo courtesy of Rob Hutchinson/Birdtour Asia; *T. riedellii* and *T. carolinae* courtesy of Mehd Halaouate.)

*T. galatea*



Συμπάτρια ειδογένεση

- Μπορεί να προκύψει ειδογένεση όταν δεν υπάρχει γεωγραφική απομόνωση και η ροή γονιδίων είναι παρούσα;
 - Πρέπει να δημιουργηθεί ένας βιολογικός φραγμός



Συμπάτρια ειδογένεση

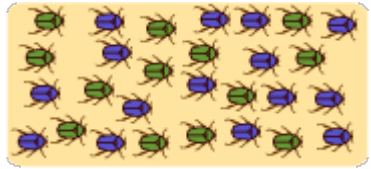
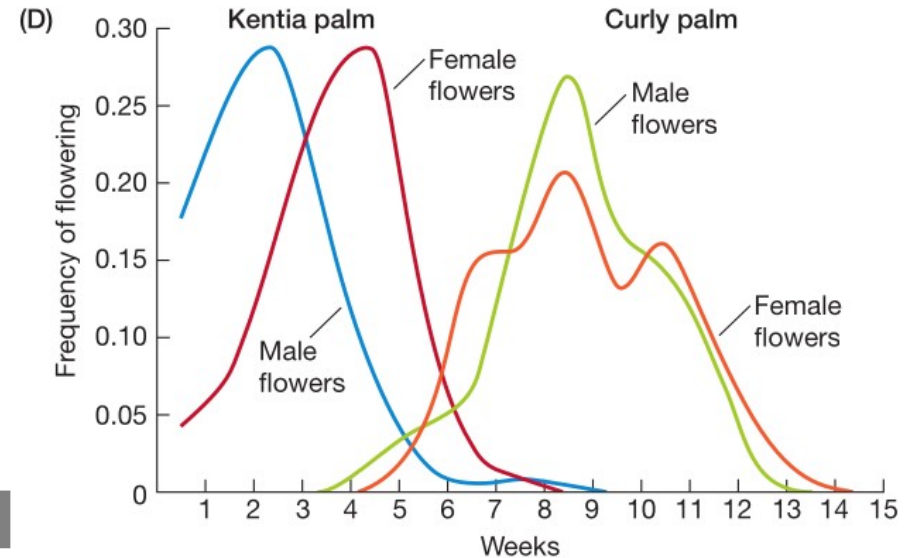


FIGURE 9.27 The palms of Lord Howe Island are among the best examples of sympatric speciation. (A) Lord Howe Island is small and remote, lying between Australia and New Zealand. (B) The kentia palm (*Howea forsteriana*). (C) The curly palm (*H. belmoreana*). (D) The flowering time of the kentia palm overlaps only slightly with that of the curly palm. Each plant has a phase when male flowers open, beginning shortly before the female flowers begin to open. (After [90]; B,C courtesy of W. J. Baker, Royal Botanic Gardens, Kew.)



Συμπάτρια ειδογένεση

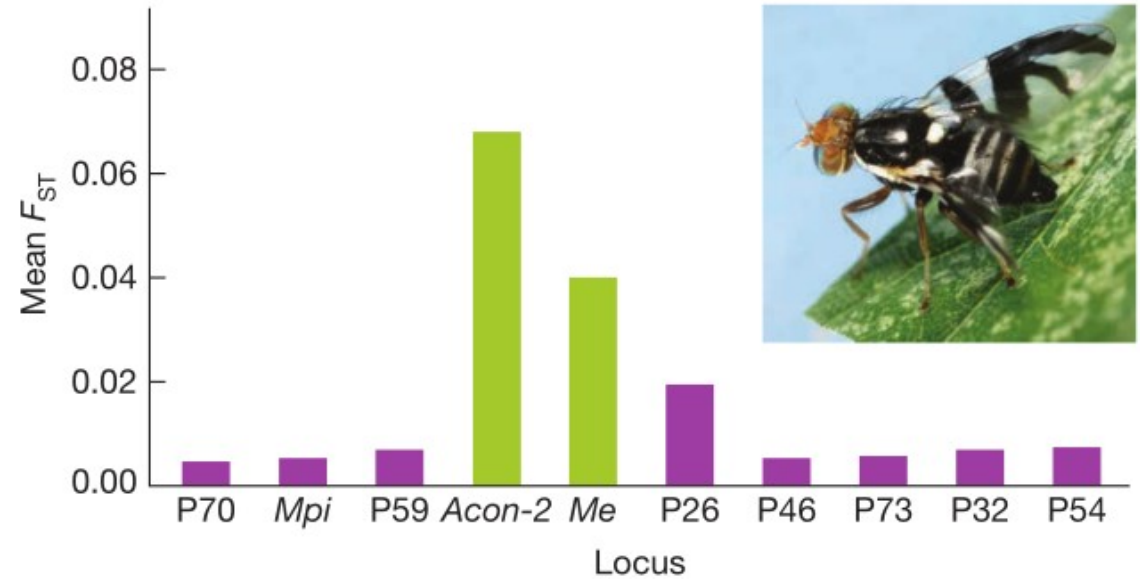
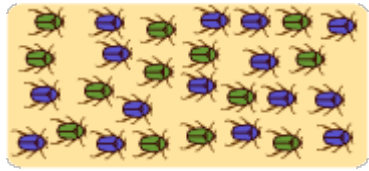
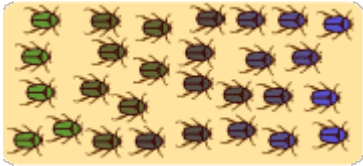


FIGURE 9.26 Genomic differences in the apple maggot fly (*Rhagoletis pomonella*), in which populations associated with different host plants have diverged by natural selection. The difference in allele frequency between the populations is measured as F_{ST} for several loci on one chromosome. Similar patterns were found for loci on the other chromosomes. Loci with significant allele frequency differences between samples from different host populations are shown in green. These loci and several of those shown in purple, are thought to be near genes that contribute to reproductive isolation. (After [61].)



Παραπάτρια ειδογένεση

- Μια ενδιάμεση μορφή ειδογένεσης, ανάμεσα στην αλλοπάτρια και τη συμπάτρια
- Απομόνωση χωρίς φυσικό φραγμό
- Συνεχόμενοι πληθυσμοί που εκτείνονται σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή
 - Η απόσταση εμποδίζει τη ροή γονιδίων σε όλη την έκταση του πληθυσμού
 - Τα άκρα είναι απομονωμένα αλλά οι κοντινές περιοχές όχι
- Η επιλογή πρέπει να είναι πολύ ισχυρή προκειμένου να υπερνικήσει τη γονιδιακή ροή (τα υβρίδια πρέπει να έχουν σημαντικά χαμηλότερη αρμοστικότητα από τους καθαρούς τύπους
 - μειονέκτημα του ετεροζυγώτη

Παραπάτρια ειδογένεση

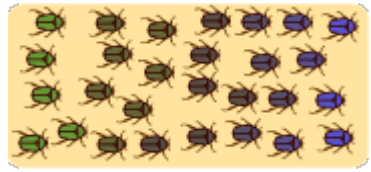


FIGURE 9.28 Incipient speciation with gene flow: divergence of lizards on the white sand and dark soil habitats shown in the photos at top. Multiple nuclear genes show that genotypes differ between habitats strongly in *Holbrookia maculata* and less so in *Sceloporus undulatus*. Each bar represents the genotype of one individual. The proportion of a bar that is green shows the probability, based on a lizard's genotype, that the individual belongs to a distinct white sand population, and the proportion that is blue that it belongs to a distinct dark soil population. Bars with intermediate amounts of green and blue indicate that the individual has a mixed genotype. (After [86].)

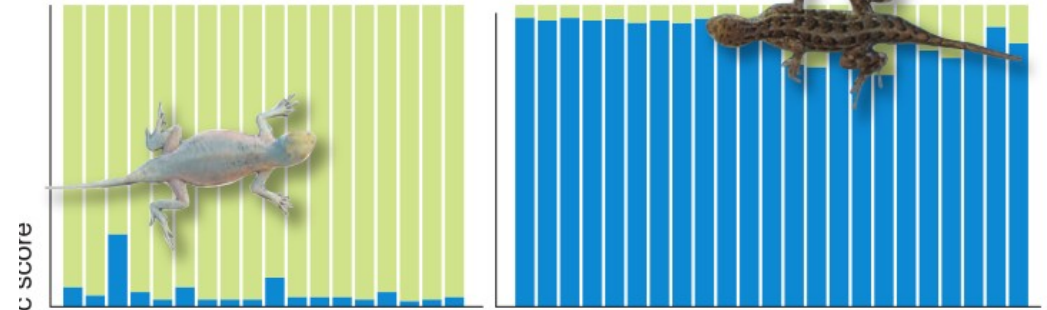
White sand



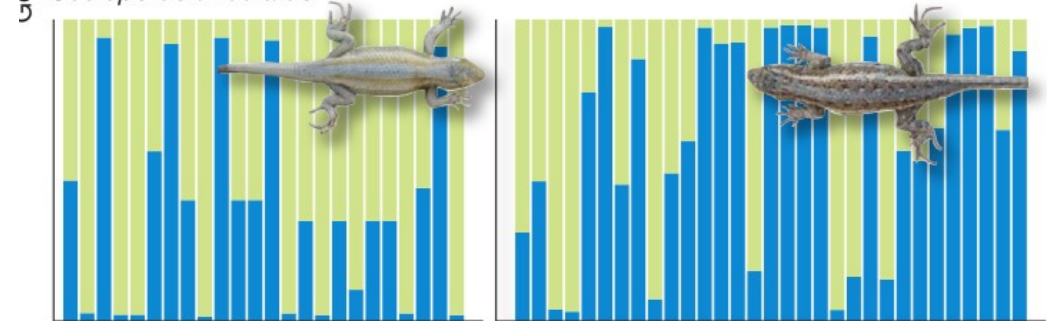
Dark soil



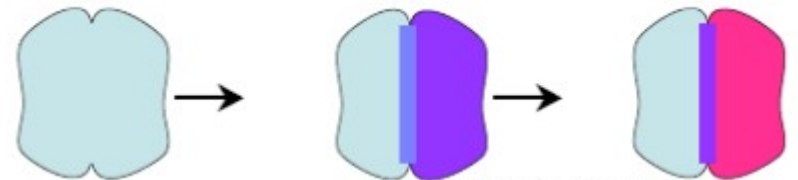
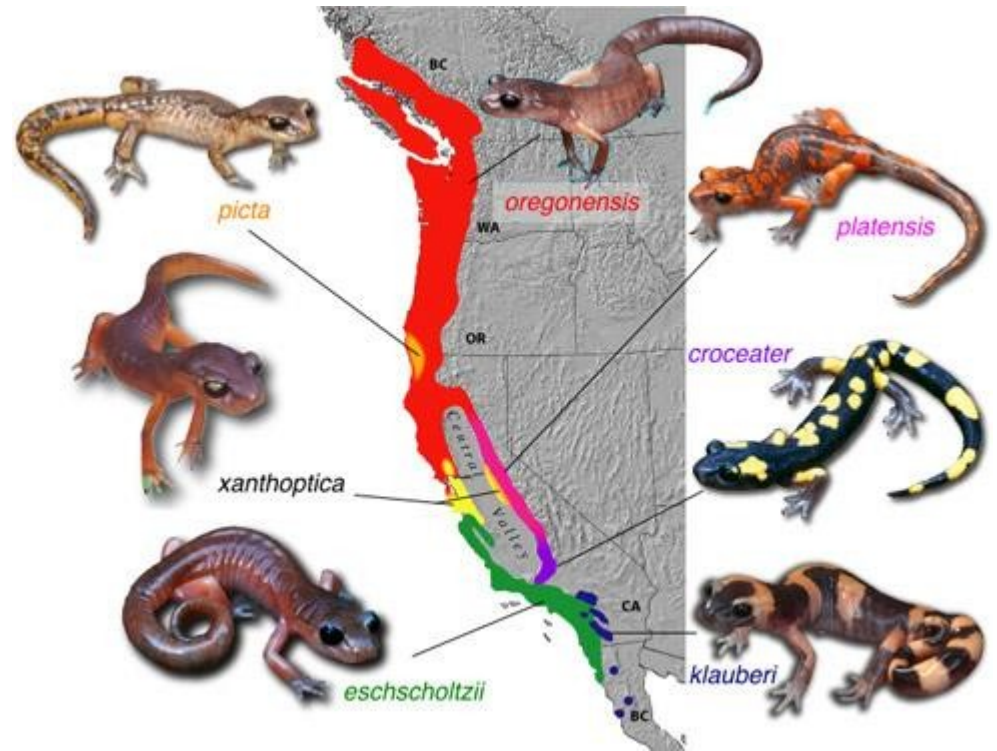
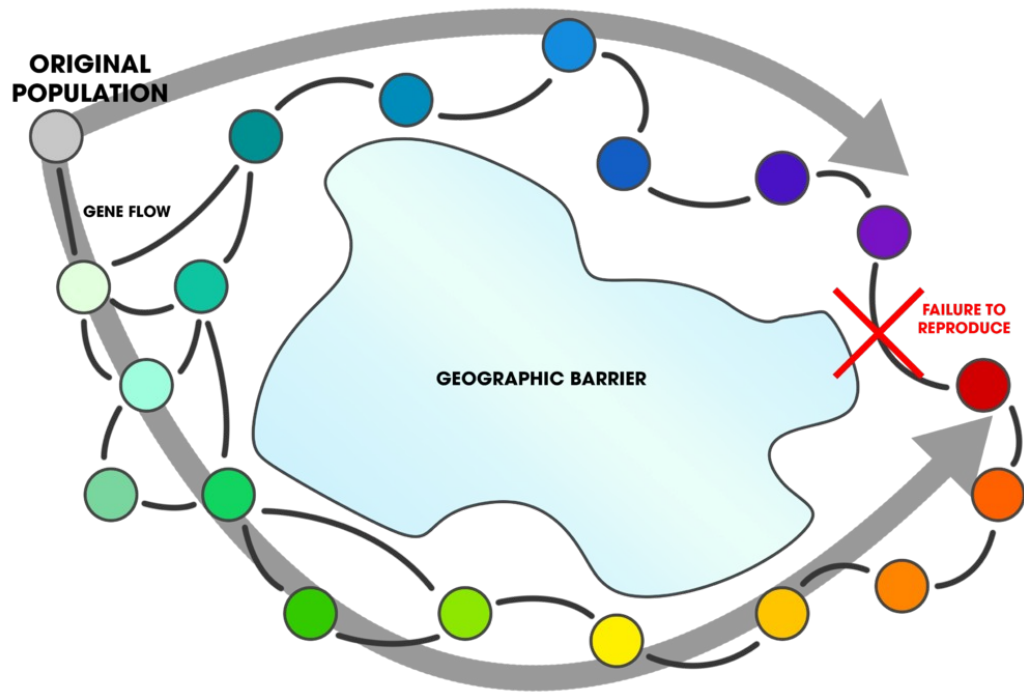
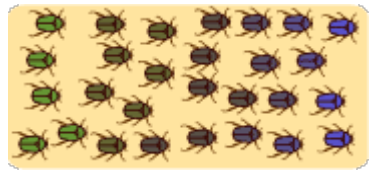
Holbrookia maculata



Sceloporus undulatus



Παραπάτρια ειδογένεση

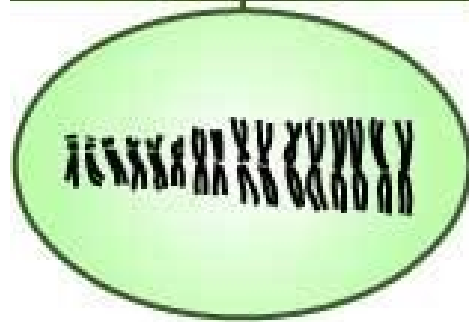


Ειδογένεση μέσω πολυπλοειδίας

Μειωτικά σφάλματα μπορεί να οδηγήσουν σε βιώσιμα άτομα με πολυπλοειδές γονιδίωμα (συνήθως $4n$).

Ένα πολυπλοειδές άτομο είναι άμεσα απομονωμένο από τον υπόλοιπο πληθυσμό, αφού οι απόγονοι ενός $2n$ και ενός $4n$ ατόμου θα ήταν $3n$ – συνήθως μη-βιώσιμο

Παράδειγμα, φυτά του γένους *Anemone*



Ειδογένεση μέσω μετάλλαξης

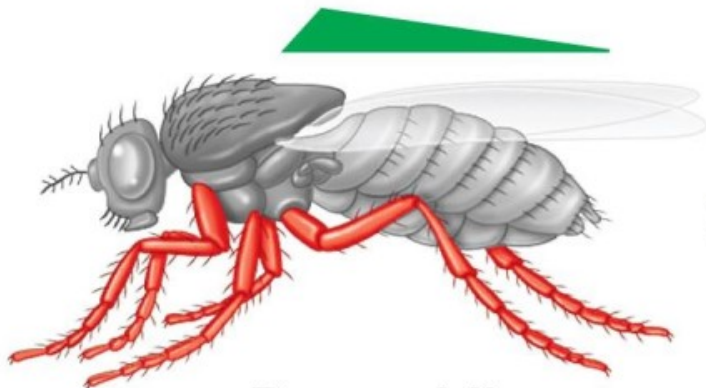
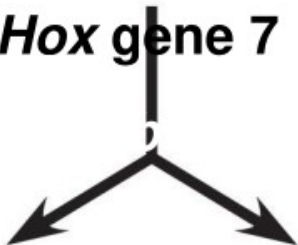


Hox gene 6

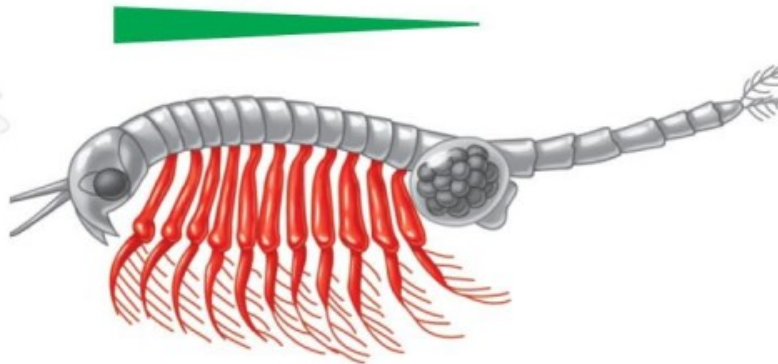
Hox gene 7

Hox gene 8

About 400 mya



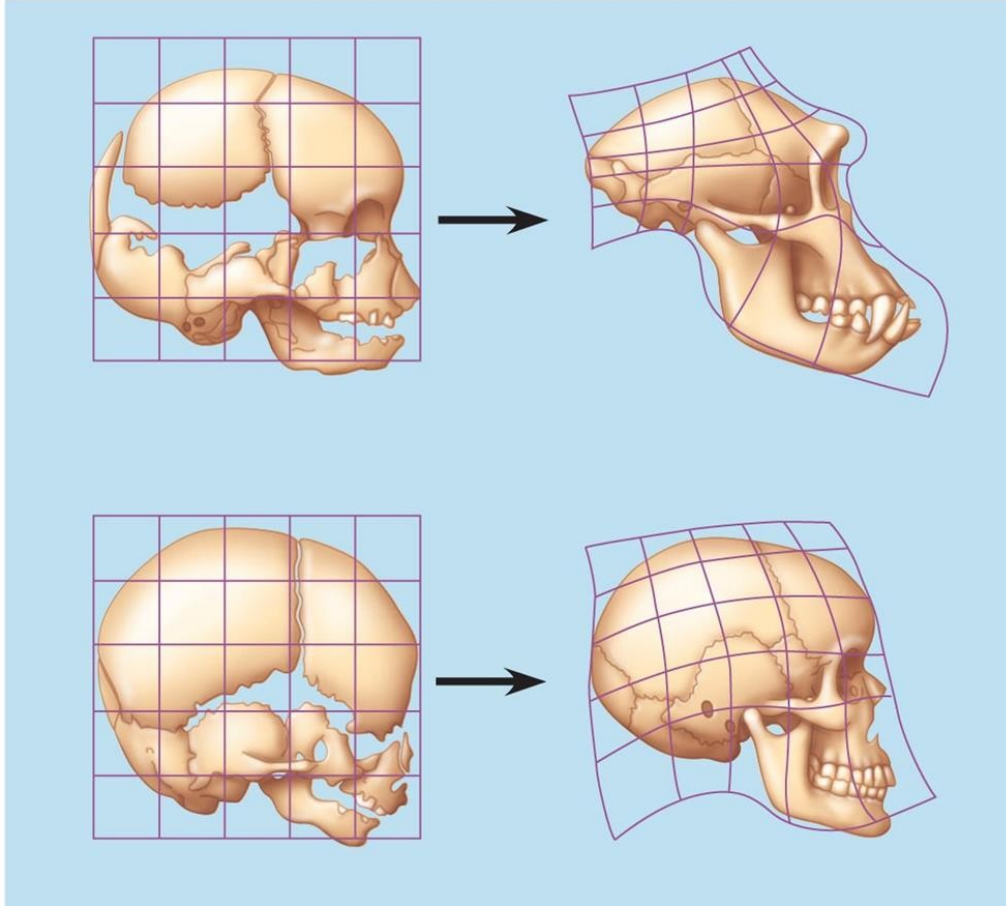
Drosophila



Artemia

Αν συμβεί μετάλλαξη σε σημαντικό γονίδιο που ελέγχει την ανάπτυξη, μπορεί να προκύψει αυτόματα αναπαραγωγική ασυμβατότητα

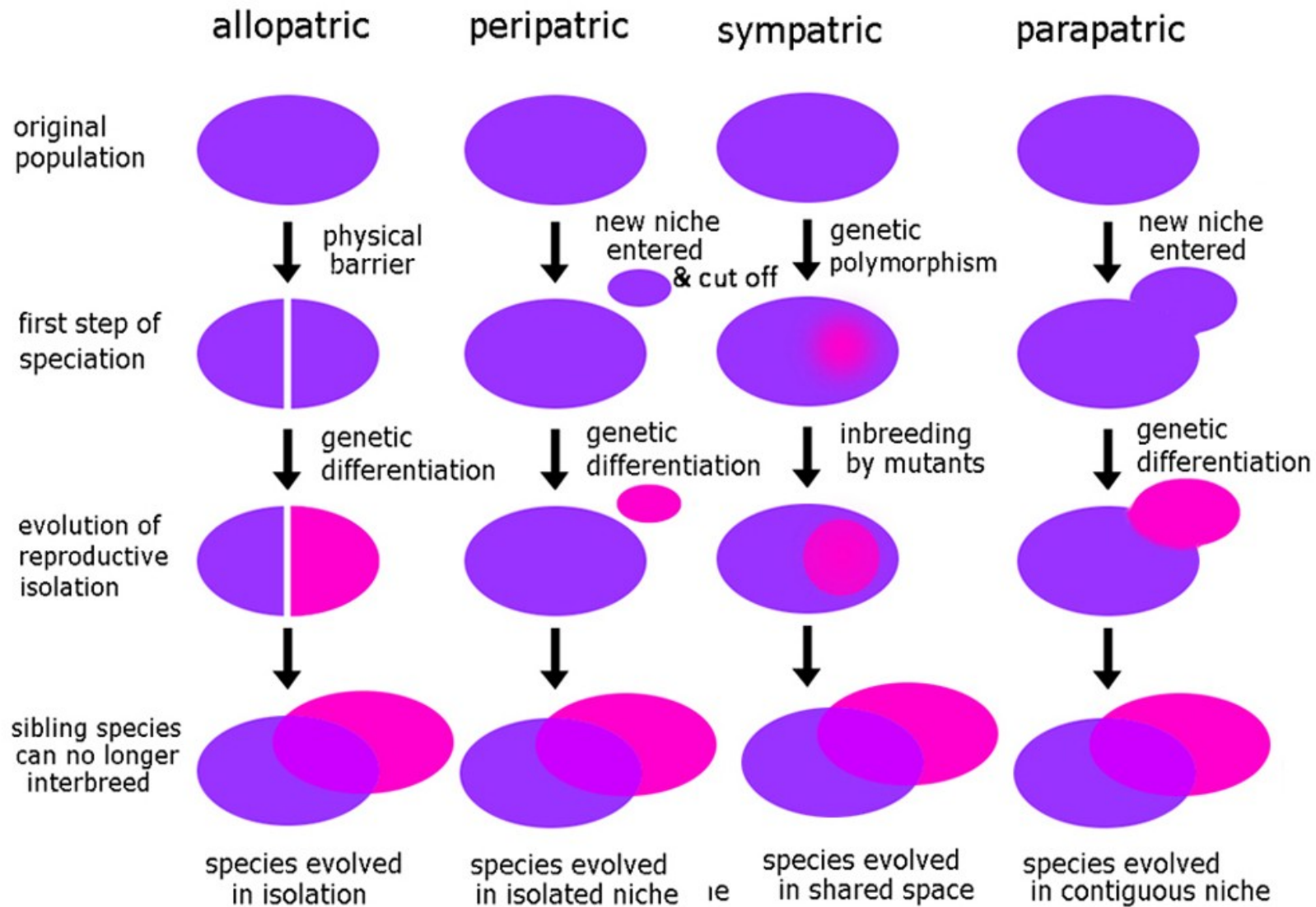
**Αυτόματη
ειδογένεση**



Heterochrony / neotony

Η ανάπτυξη των χαρακτήρων ακολουθεί διαφορετικό χρονικό μοτίβο.

Κάποια χαρακτηριστικά του ανθρώπου θεωρείται ότι εξελίχτηκαν από συντομότερη διαφοροποίηση χαρακτήρων του χιμπατζή.



Thank you

