

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

Ποικιλότητα Στους Φυσικούς
Πληθυσμούς

ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ

- Η φαινοτυπική τυπική απόκλιση (standard deviation, η τετραγωνική ρίζα της φαινοτυπικής διασποράς), είναι περίπου το 5-10% του μέσου όρου
- Σημαντικό μέρος αυτής της ποικιλότητας έχει συχνά (αλλά όχι πάντα) γενετική βάση

Πρώτα πειράματα με τη μελέτη συγγενών

Το παράδειγμα των σπίνων στα Galapagos (*Geospiza fortis*)

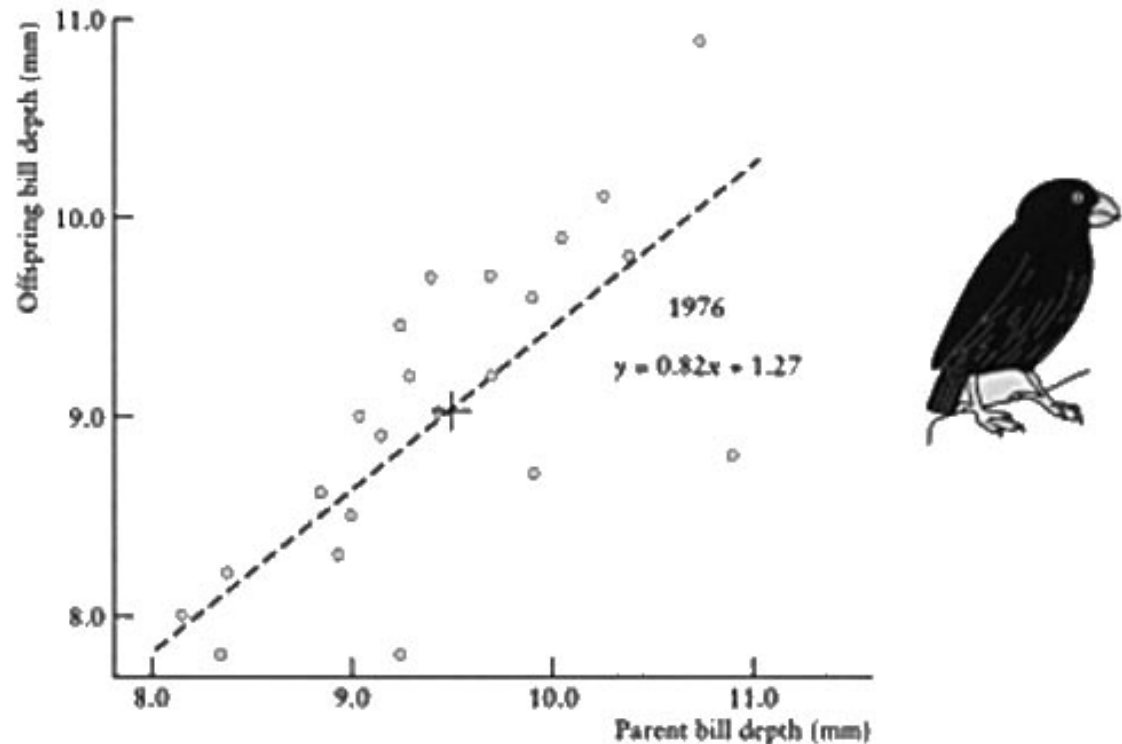


Figure 13.21 Heritability of beak depth in one of Darwin's finches, *Geospiza fortis*. The slope of the regression line is an estimate of heritability, which can range from 0 (no heritability) to 1 (perfect heritability). (Modified from Boag 1983.)

Υπολογίστηκε η κληρονομησιμότητα πολλών χαρακτήρων και βρέθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος της φαινοτυπικής ποικιλότητας έχει γενετική βάση

Το πείραμα με τα ωδικά σπουργίτια *Melospiza melodia*

Μεταφορά νεοσσών από σπηλιά σε σπηλιά για να ανατραφούν από θετούς γονείς



Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά σχετίζονταν περισσότερο με τους πραγματικούς παρά με τους θετούς γονείς

Τα πειράματα με τη *Drosophila*

Τεχνητή επιλογή για αλλαγή ενός χαρακτήρα, με διασταυρώσεις μεταξύ ατόμων που βρίσκονται πάνω ή κάτω από τη μέση τιμή του πληθυσμού

Η τεχνητή επιλογή έχει επιφέρει αλλαγές σε πολυάριθμα μορφολογικά χαρακτηριστικά καθώς επίσης και

- ✓ Στη γεωτακτική συμπεριφορά
- ✓ Στη σεξουαλική συμπεριφορά
- ✓ Στον αναπτυξιακό ρυθμό
- ✓ Στη γονιμότητα
- ✓ Στην ικανότητα διασποράς
- ✓ Στις προτιμήσεις τροφής
- ✓ Στην αντίσταση στα εντομοκτόνα και τις τοξίνες
- ✓ Στο ρυθμό επιχιασμού των συνδεδεμένων γονιδίων



- Η απόκριση στην επιλογή αποδίδεται στη γενετική ποικιλότητα
- Ομόζυγοι πληθυσμοί με υψηλή ομομιξία δύσκολα αποκρίνονται στην επιλογή

Ορατοί πολυμορφισμοί

Αρχικά η γενετική μελέτη περιορίστηκε σε εναλλακτικούς πολυμορφισμούς που προέκυπταν από μεταλλάξεις

Mus musculus:

Εμφάνιση κίτρινου φαινοτύπου ανάμεσα σε μαύρα άτομα



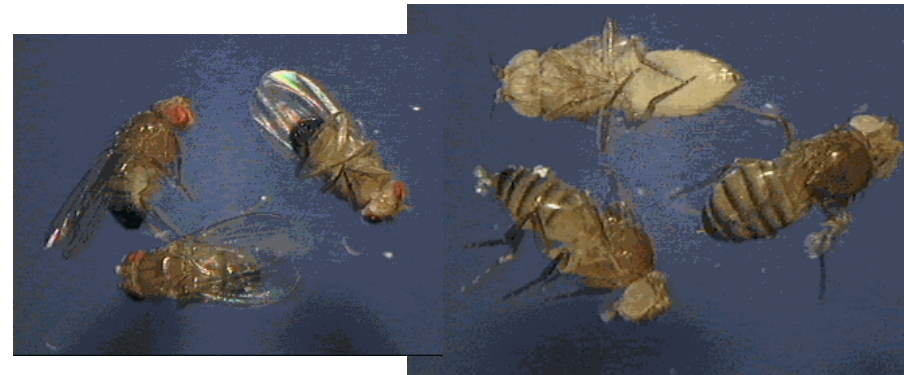
Sciurus carolinensis:

Εμφάνιση άσπρου φαινοτύπου



Drosophila:

Εμφάνιση της μετάλλαξης «άσπρα μάτια»



Ύπαρξη πληθυσμών με δύο ή περισσότερους διακριτούς φαινοτύπους, που είναι αρκετά κοινοί μεταξύ των ατόμων

Η ύπαρξη ενός δεύτερου τουλάχιστον φαινοτύπου, με συχνότητα που υπερβαίνει κάποια αυθαίρετη τιμή (π.χ. 1%) συνιστά μια κατάσταση πληθυσμιακού **ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΥ**

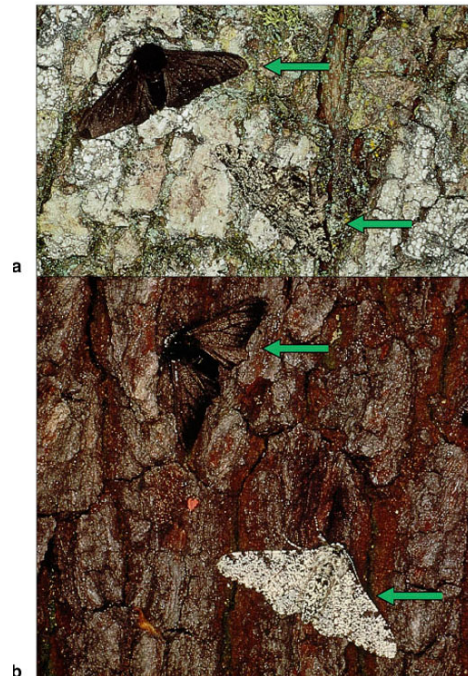
Παραδείγματα:

Chen caerulescens:

Χρωματικός διμορφισμός
σε συνύπαρξη



Biston betularia: **ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟΣ**
χρωματικός διμορφισμός που κατέληξε
σε **ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΟ** πολυμορφισμό

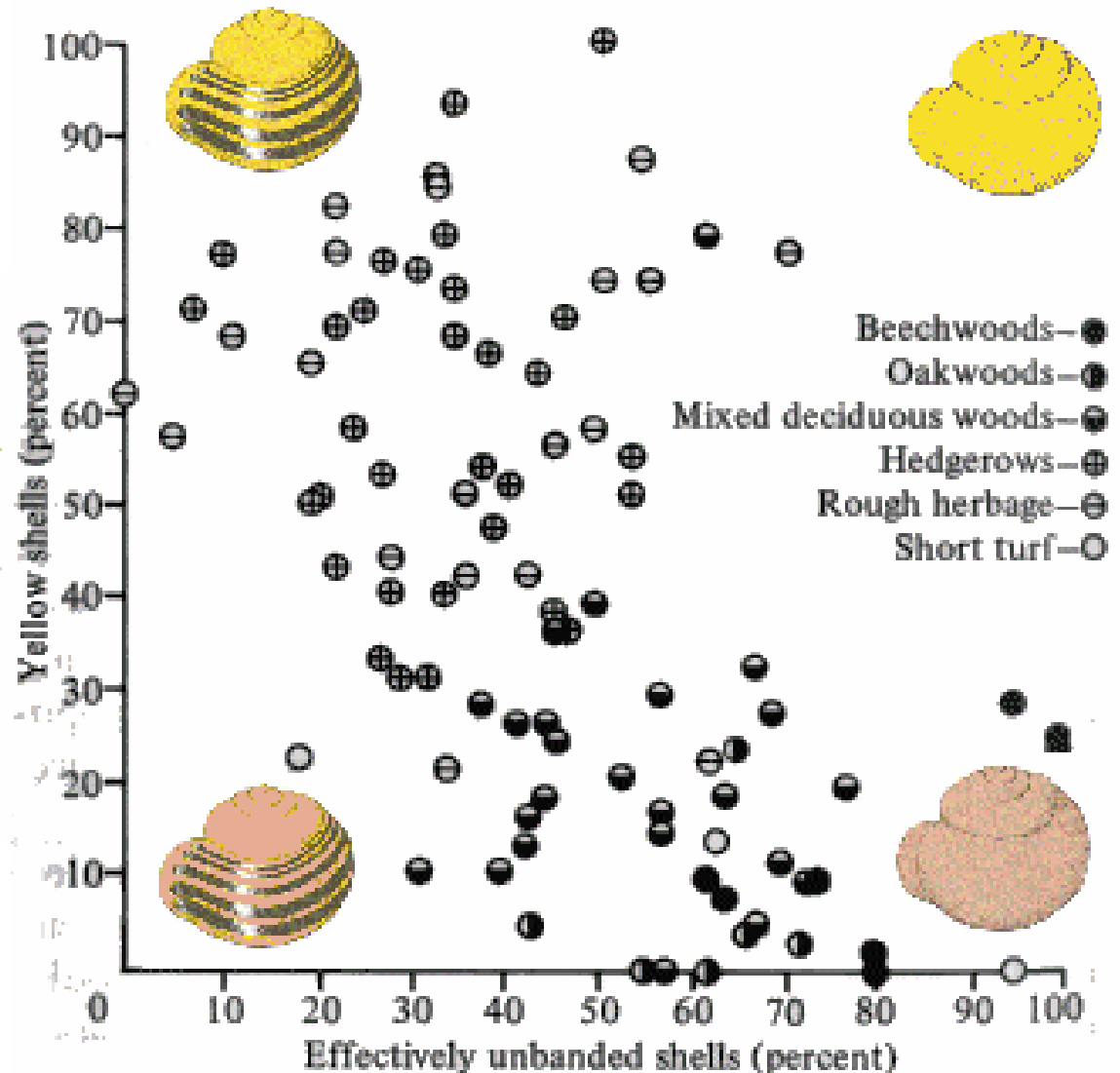


Lampropeltis getulus: Χρωματικός και σχηματικός πολυμορφισμός στο «βασίλικό φίδι» της Καλιφόρνιας. Αρχικά θεωρήθηκαν διαφορετικά είδη. Ωστόσο, διασταυρώνονται ελεύθερα και φαίνεται ότι οι διαφορές οφείλονται σε λίγους γονιδιακούς τόπους



Cerata nemoralis:

Σύνθετος εξισορροπημένος πολυμορφισμός (χρώματος και ζωνώσεων) στο χερσαίο σαλιγκάρι. Η μικρογεωγραφική ποικιλότητα οφείλεται στην επιλογή που ασκούν οι θηρευτές (κυρίως οι Τσίχλες)



Tisbe reticulata:

Χρωματικός πολυμορφισμός του θαλάσσιου κωπήποδου. Σε εργαστηριακές διασταυρώσεις οι απόγονοι δείχνουν σταθερά μια περίσσεια ετεροζυγωτών, οι οποίοι επιβιώνουν καλύτερα από τους δύο ομοζυγώτες. Από τις πιο τεκμηριωμένες περιπτώσεις υπεροχής του ετεροζυγωτού

Ενδεχομένως, ο χρωματισμός να είναι το πλειοτροπικό αποτέλεσμα γονιδίων που συνεισφέρουν στην επιβίωση



Κρυφοί πολυμορφισμοί και ποικιλότητα

- Παρόλο που είναι γνωστός μεγάλος αριθμός εμφανών πολυμορφισμών, αυτοί αποτελούν μάλλον την εξαίρεση
- Στην πραγματικότητα πολλοί πληθυσμοί εμπεριέχουν πολύ μεγάλη ποσότητα μεταλλάξεων
- Οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι υποτελείς και εμφανίζονται σε ομοζυγωτία (σε ομομικτικούς πληθυσμούς)

Εκτός από τους ζωικούς πληθυσμούς αποδείχθηκε ότι και στους φυτικούς το 10% περίπου των χρωμοσωμάτων είναι θνησιγόνα, όπως φαίνεται να ισχύει στο καλαμπόκι και το έλατο

Zea mays (Καλαμπόκι)

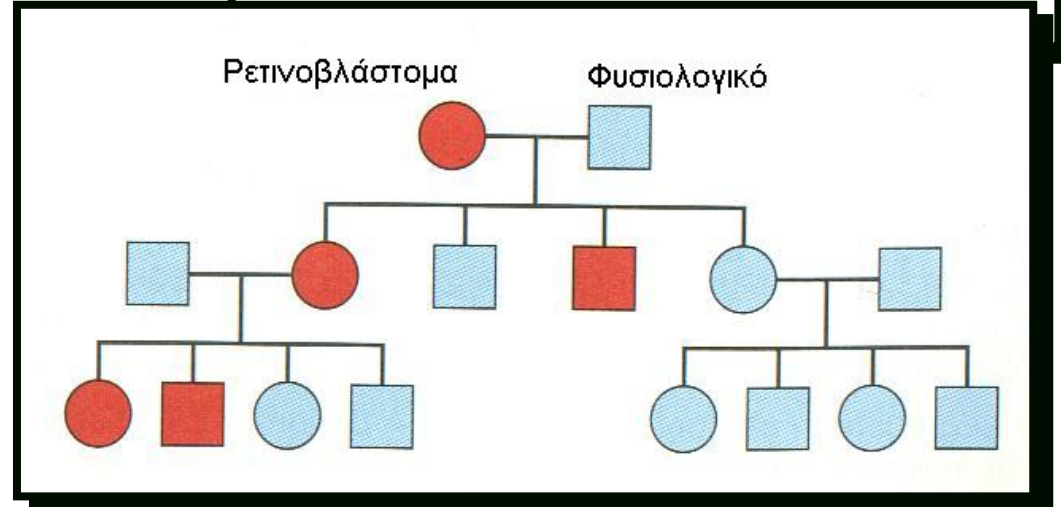
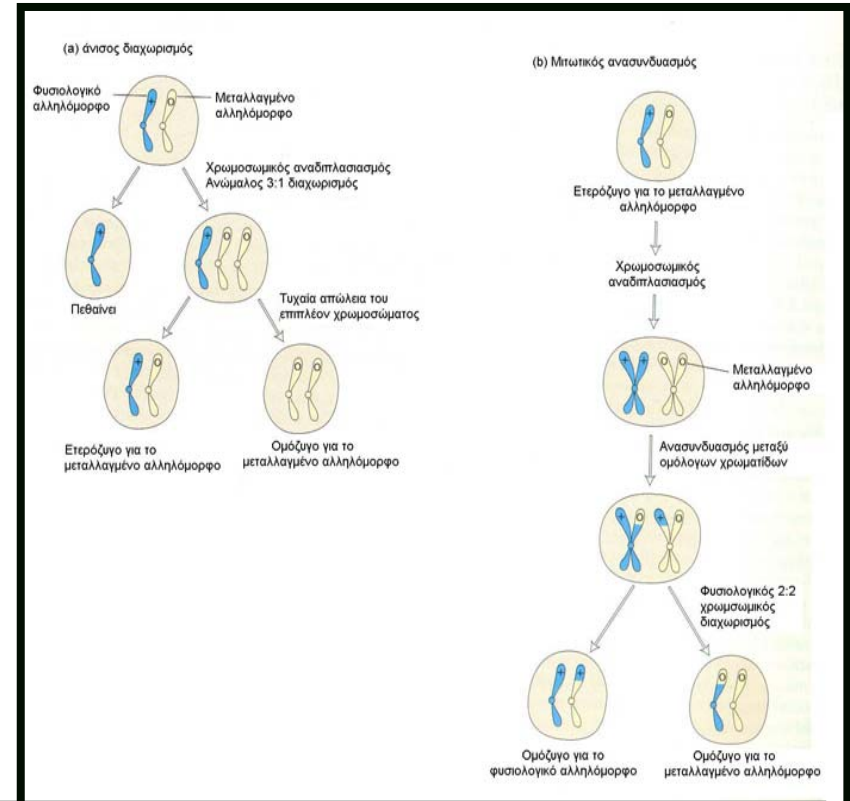
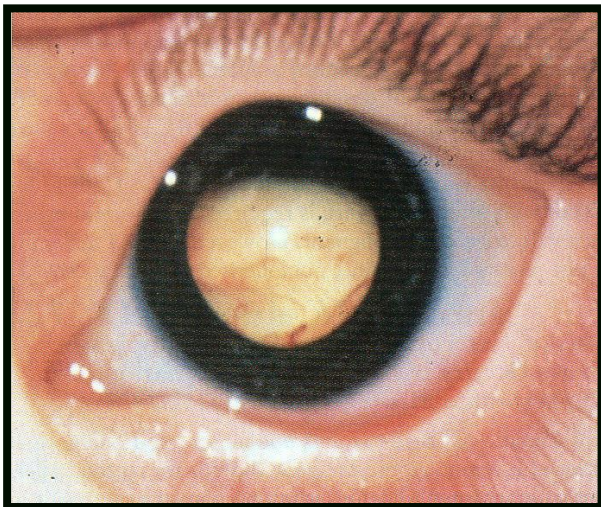


Pseudotsuga menziesii (Έλατο)



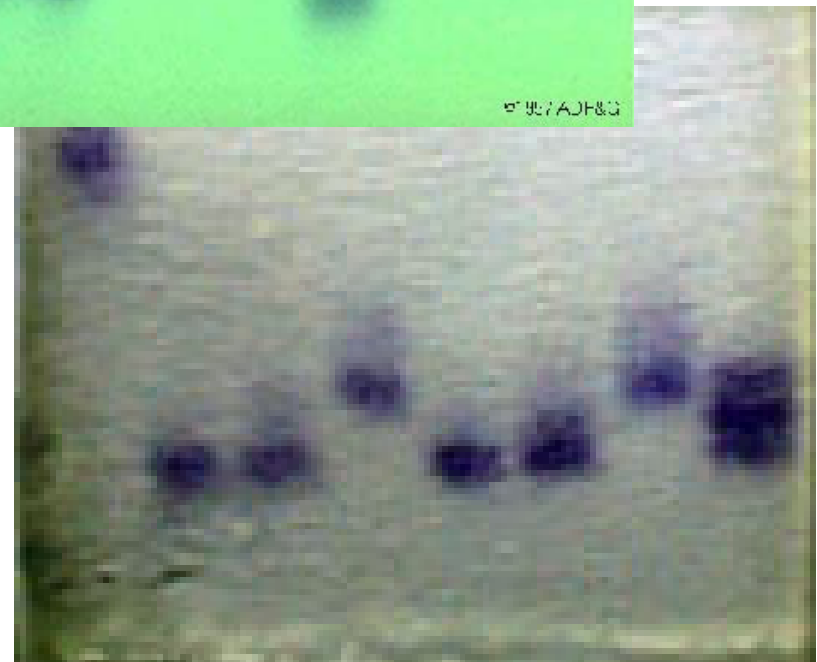
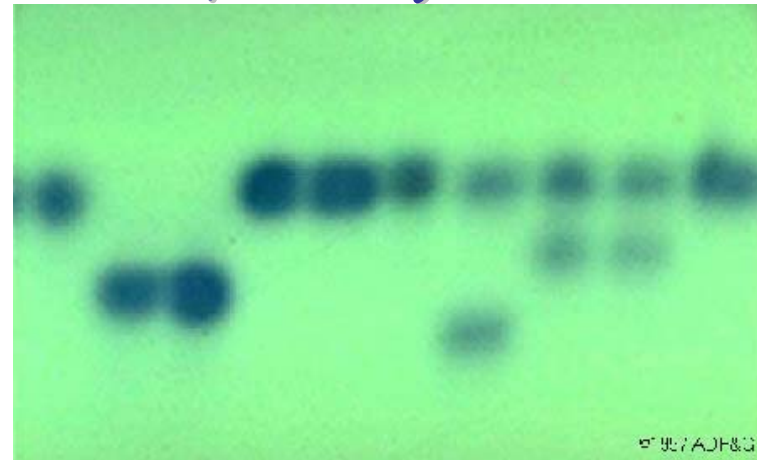
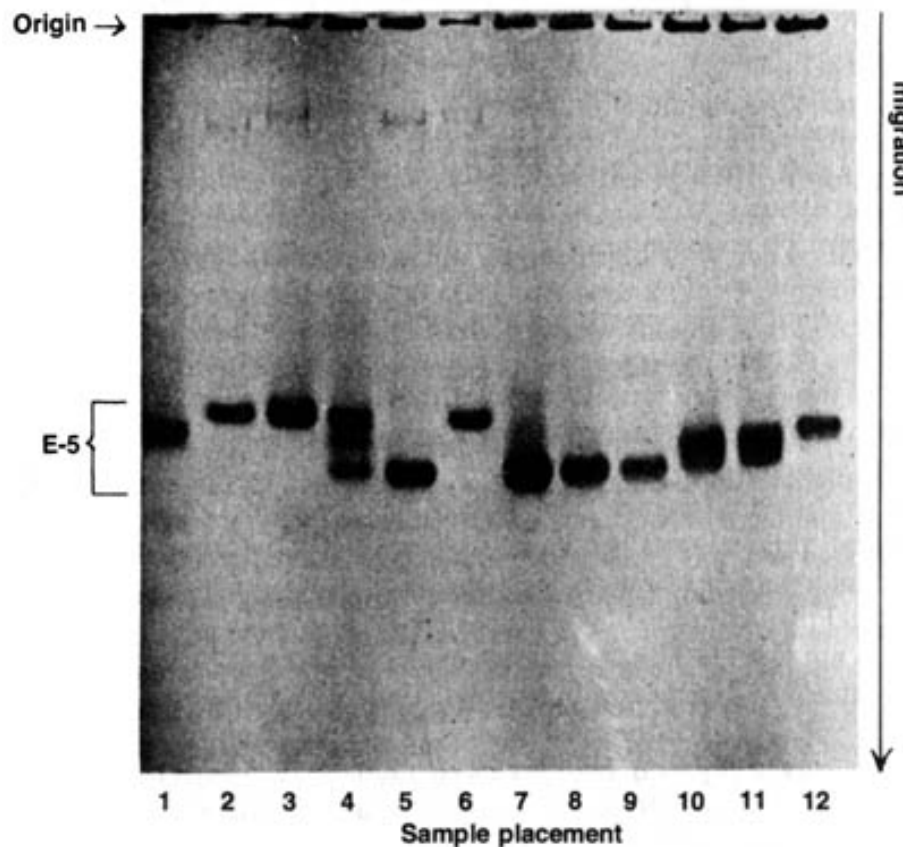
Απώλεια ετεροζυγωτίας στα ογκοκατασταλτικά γονίδια

Το παράδειγμα του
ρετινοβλαστώματος



Η ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΙΝΩΝ

- ✓ Μελέτη των ΑΛΛΟΕΝΖΥΜΩΝ ή των ΙΣΟΕΝΖΥΜΩΝ
- ✓ Ηλεκτροφορήσεις εκχυλισμάτων ιστών σε πηκτώματα, κυρίως αμύλου (άνθρωπος, Harris, 1966)



ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΦΟΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΚΑΛΕΣΑΝ ΕΚΠΛΗΞΗ



Αποδείχτηκε π.χ. ότι ένας τυπικός πληθυσμός *Drosophila*:

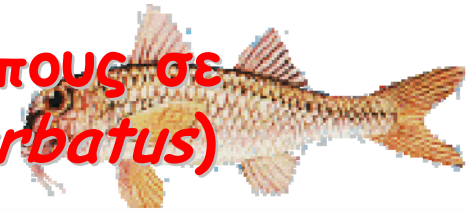
- είναι πολυμορφικός σε περισσότερο από **30%** των γενετικών τόπων
- κάθε πολυμορφικός τύπος διαθέτει **2-6** αλληλόμορφα σε αρκετά υψηλές συχνότητες
- μια μέση μύγα είναι δυνατόν να είναι ετερόζυγη στο **12%** περίπου των τόπων της
- Δηλαδή στους, περίπου **10.000** τόπους της *Drosophila*, περίπου **2.000-3.000** είναι πολυμορφικοί και μια μέση μύγα έχει **700-1200** ετερόζυγους τόπους

ΠΑΡΟΜΟΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΡΕΘΗΚΑΝ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Γενετική ποικιλότητα σε αλλοενζυμικούς τόπους σε ζώα και φυτά

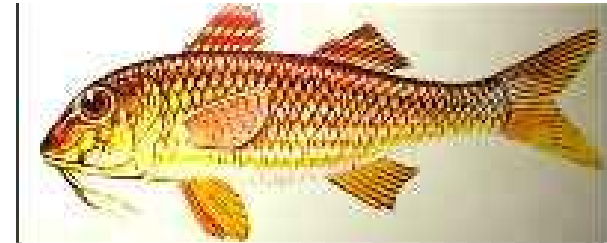
	Αριθμός ειδών	Αριθμός τόπων	Μέση αναλογία τόπων πολυμορφικών ετερόζυγων	
Έντομα				
Drosophila	28	24	0,529	0,150
Άλλα	4	18	0,531	0,151
Απλοδιπ. Σφήκες	6	15	0,243	0,062
Θαλάσσια ασπόνδυλα	9	26	0,587	0,147
Θαλάσσια σαλιγκάρια	5	17	0,187	0,083
Χερσαία σαλιγκάρια	5	18	0,437	0,150
Ψάρια	14	21	0,306	0,078
Αμφίβια	11	22	0,336	0,082
Ερπετά	9	21	0,231	0,047
Πτηνά	4	19	0,145	0,042
Τρωκτικά	26	26	0,202	0,054
Μεγάλα Θηλαστικά	4	40	0,233	0,037
Φυτά	8	8	0,464	0,170

Γενετική ποικιλότητα σε αλλοενζυμικούς τόπους σε πληθυσμούς της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*)



Population	Mean sample size per locus	Mean no. of alleles per locus	% Polymorphic loci ($p = 0.99$)	H_o	H_e
<i>M. barbatus</i>					
Platania	49 (0.0)	1.5 (0.2)	35.0	0.077 (0.036)	0.105 (0.047)
Kymi	39.8 (0.2)	1.7 (0.2)	40.0	0.097 (0.040)	0.128 (0.054)
Corfu	40 (0.1)	1.6 (0.2)	35.0	0.097 (0.040)	0.134 (0.057)
Amvrakikos	39.9 (0.1)	1.7 (0.2)	40.0	0.101 (0.044)	0.136 (0.059)
Kavala	39.8 (0.1)	1.6 (0.2)	35.0	0.103 (0.046)	0.123 (0.055)
Thermaikos	39.7 (0.2)	1.8 (0.2)	50.0	0.109 (0.046)	0.140 (0.057)
Allonisos	40 (0.0)	1.6 (0.2)	40.0	0.090 (0.036)	0.118 (0.050)
France1	60 (0.0)	2.0 (0.2)	45.0	0.164 (0.060)	0.171 (0.058)
<i>M. surmuletus</i>					
Trikeri	40 (0.0)	2.1 (0.3)	50.0	0.173 (0.054)	0.217 (0.065)
France2	40 (0.0)	2.0 (0.3)	45.0	0.174 (0.055)	0.220 (0.067)

Γενετική ποικιλότητα σε αλλοενζυμικούς τόπους σε πληθυσμούς του μπαρμπουνιού (*Mullus barbatus*)



	TR1	TR2	KAV	RHO	PR1	PR2	COR	FRA
Mean sample size per locus	40	41	43	44	45	40	49	40
Mean no. of alleles per locus	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)	1.9 (0.3)
% Polymorphic loci	40	40	40	40	40	40	40	40
H_o	0.167 (0.052)	0.195 (0.059)	0.170 (0.054)	0.207 (0.064)	0.205 (0.066)	0.228 (0.068)	0.215 (0.067)	0.172 (0.055)
H_e	0.202 (0.064)	0.204 (0.062)	0.209 (0.065)	0.226 (0.067)	0.199 (0.061)	0.231 (0.067)	0.216 (0.063)	0.215 (0.067)

Γενετική ποικιλότητα σε αλλοενζυμικούς τόπους σε πληθυσμούς του Ευρωπαϊκού λαγού (*Lepus europaeus*)

	Greek populations [Locus]							8 Bulgarian populations (15.0–24.8)
	<i>SER</i> (11.2)	<i>PYR</i> (25.6)	<i>IER</i> (3.8)	<i>VEL</i> (4.8)	<i>SPI</i> (28.6)	<i>LOU</i> (9.9)	<i>EPI</i> (4.9)	
H_0	4.6	4.6	5.0	4.8	4.0	4.1	5.0	1.5–4.3
H_e	4.4	5.3	4.0	5.0	3.6	3.7	3.9	2.6–5.2
$P_{95\%}$	11.43	14.29	8.57	8.57	14.29	8.57	8.57	5.71–11.43
A	1.20	1.26	1.09	1.09	1.31	1.17	1.11	1.11–1.20
R_s	1.192	1.233	1.175	1.210	1.158	1.163	1.170	1.111–1.228
f	-0.063	0.14	-0.313	-0.125	-0.121	-0.117	-0.355	-0.081 – +0.426



Γενετική ποικιλότητα σε αλλοενζυμικούς τόπους

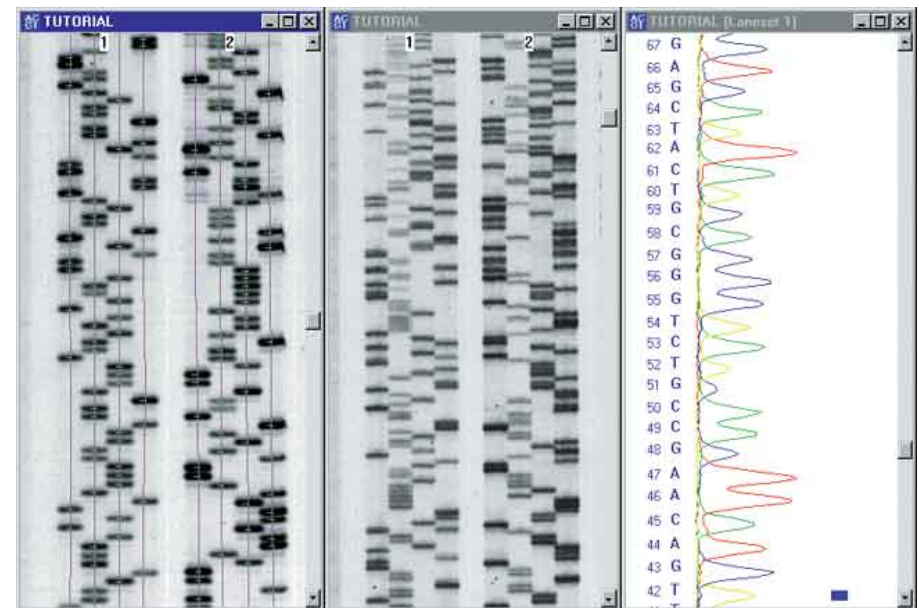
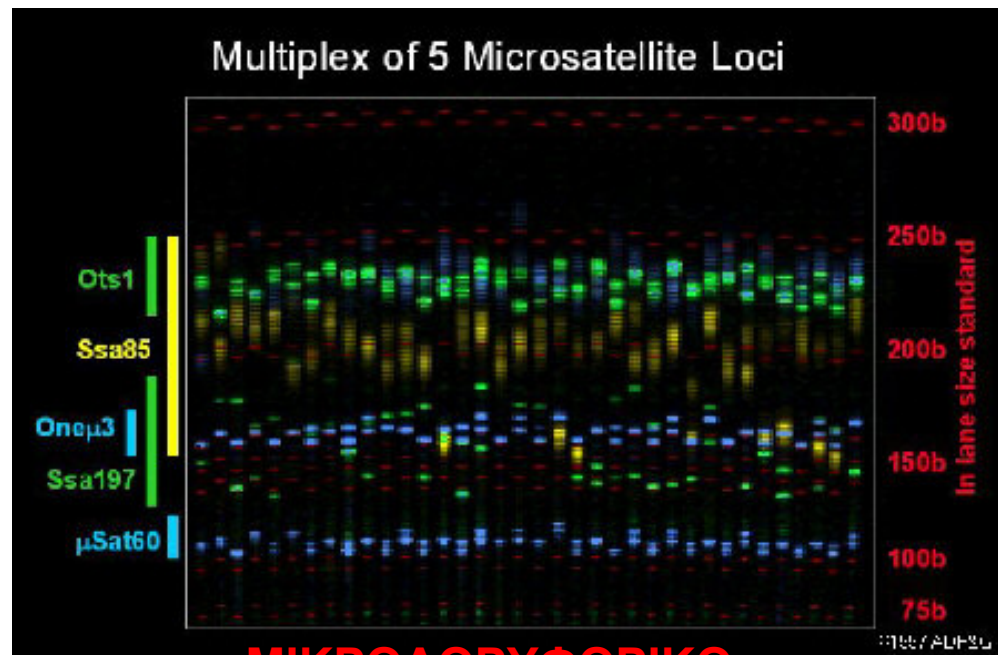
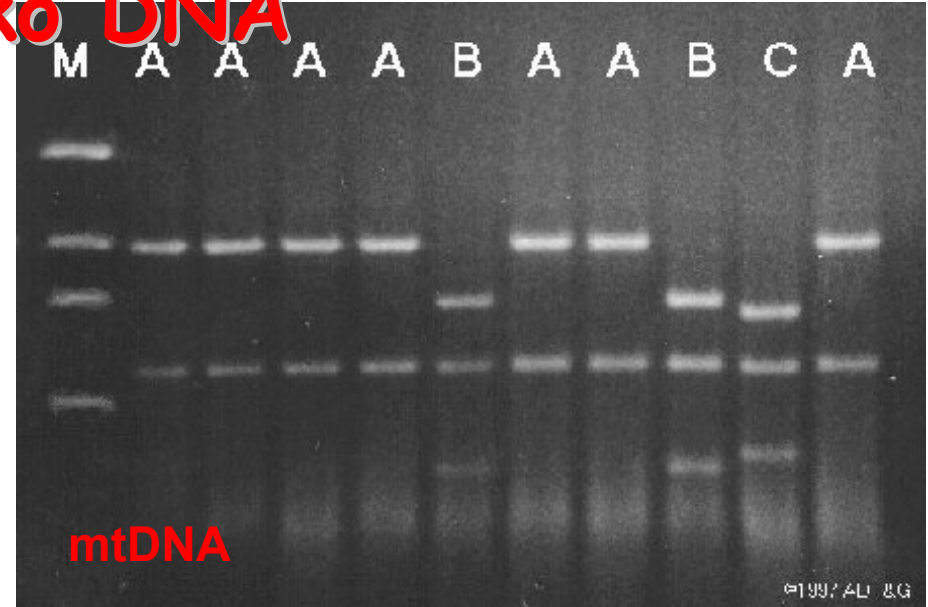
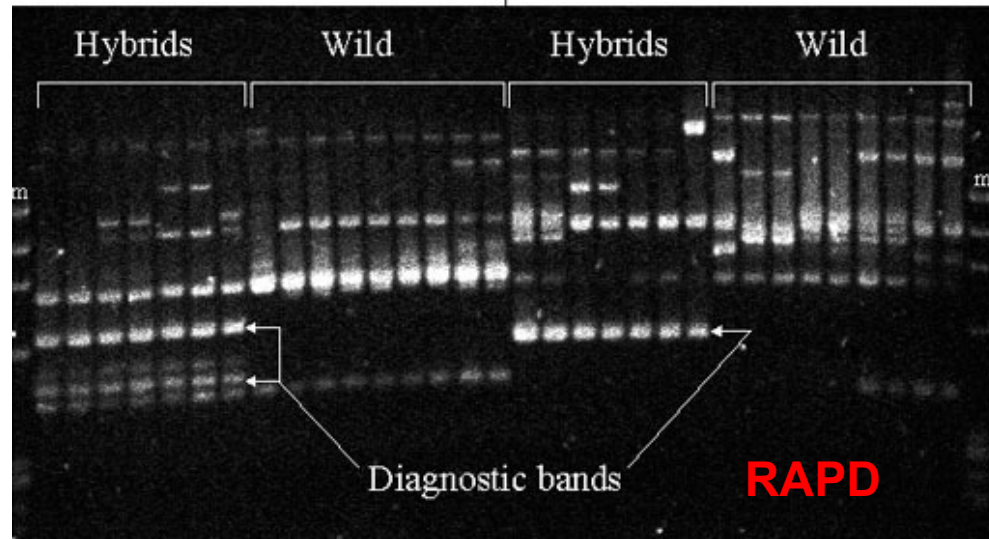
- ✓ Πολλά είδη έχουν μελετηθεί αλλοενζυμικά και έχουν δείξει υψηλά επίπεδα ποικιλότητας
- ✓ Τα σπονδυλωτά εμφανίζονται λιγότερο πολυμορφικά από τα ασπόνδυλα
- ✓ Ζώα που ζουν σε μικρούς τοπικούς πληθυσμούς ή που είναι ομομικτικά, έχουν μειωμένα επίπεδα ετεροζυγωτίας
- ✓ Ωστόσο, ακόμη και οι πληθυσμοί ομομικτικών φυτών εμφανίζουν σημαντικό αριθμό διαφορετικών ομόζυγων φαινοτύπων
- ✓ Ποικιλόμορφοι εμφανίζονται γενικότερα και οι οργανισμοί που αναπαράγονται αγενώς

Γενετική ποικιλότητα σε αλλοενζυμικούς τόπους

- ✓ Είναι άγνωστο αν το επίπεδο πολυμορφισμού στα διαλυτά ένζυμα που μπορούν να μελετηθούν με ηλεκτροφόρηση είναι αντιπροσωπευτικό και για τον πολύ μεγαλύτερο αριθμό ενζύμων που δεν μπορούν
- ✓ Το πιο πιθανό είναι να μην αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα, αφού ορισμένες κατηγορίες ενζύμων φαίνεται να είναι πιο πολυμορφικές από άλλες
- ✓ Εκτιμάται ότι τα επίπεδα του πολυμορφισμού που ανιχνεύει η αλλοενζυμική ανάλυση είναι υποεκτιμημένα, όπως προκύπτει από αναλύσεις μιτοχονδριακού και πυρηνικού DNA

Γενετική ποικιλότητα στο πυρηνικό και το μιτοχονδριακό DNA

Primer: OPA2

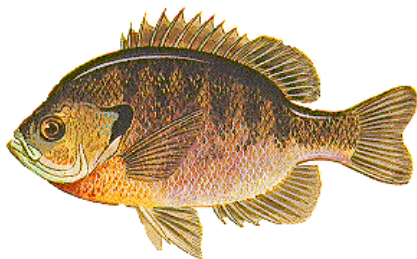


Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

Αποκλίσεις από τις συχνότητες Hardy-Weinberg μπορεί να υποδεικνύουν την ύπαρξη οργανωτικών παραγόντων που δημιουργούν μη τυχαίους συνδυασμούς αλληλομόρφων σε ένα τόπο ή μεταξύ τόπων

Παράδειγμα η περίσσεια ετερόζυγων για την γλουταμική οξαλική τρανσαμινάση σε πληθυσμούς ψαριών του είδους *Lepomis macrochirus* (αν και δεν είναι πολύ συνηθισμένη)

Ενδεχομένως σημαίνει καλύτερη επιβίωση των ετεροζυγωτών



Συνήθως παρατηρείται μείωση των ετεροζυγωτών, που οφείλεται σε κάποιας μορφής αιμομιξία

Μη τυχαίοι συνδυασμοί αλληλομόρφων συνιστούν ανισορροπία σύνδεσης

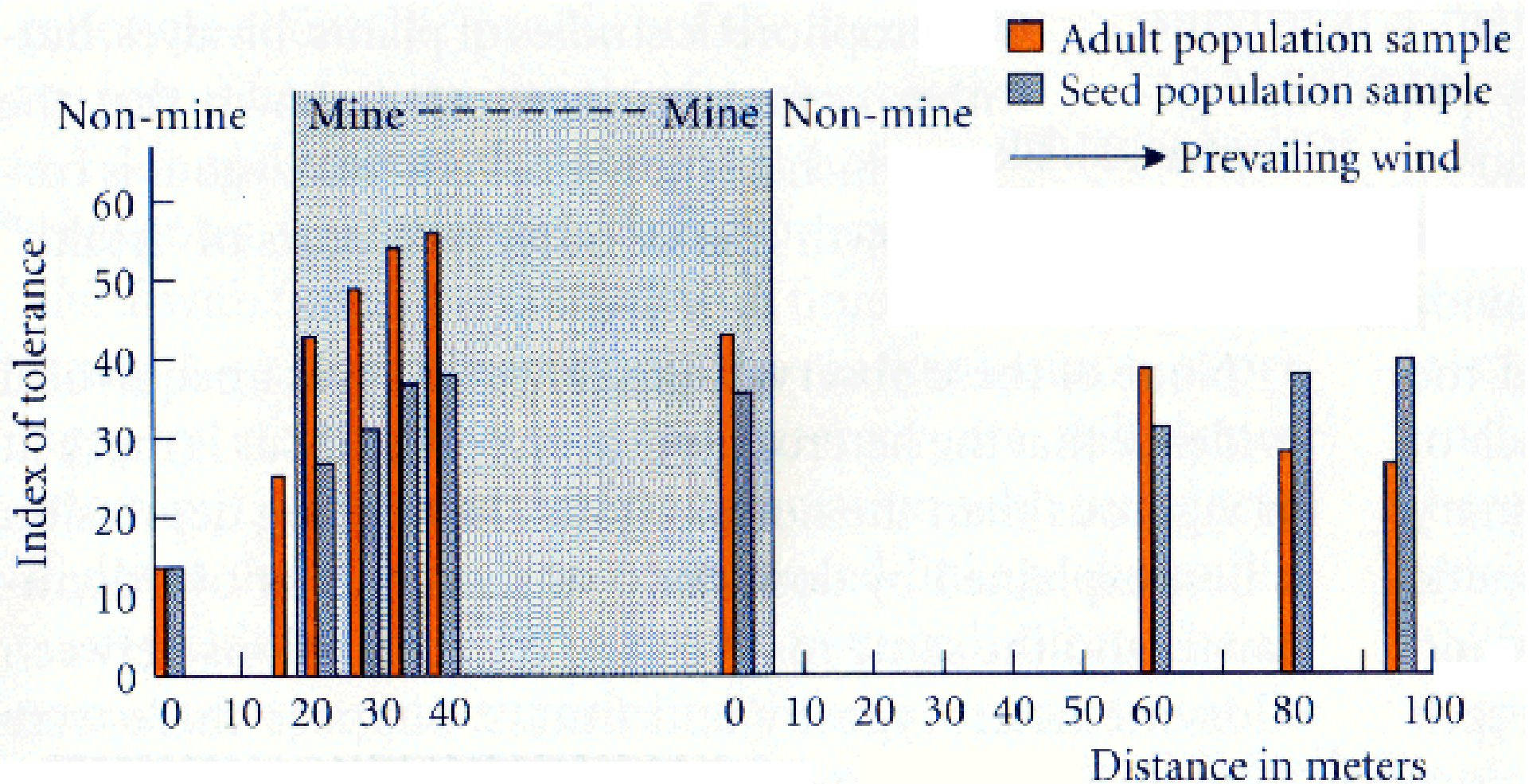
Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

- ✓ Η ανισορροπία σύνδεσης συνήθως ενισχύεται στην περίπτωση που υπάρχουν μηχανισμοί που περιορίζουν τον ανασυνδυασμό
- ✓ Στους αγενώς αναπαραγόμενους πληθυσμούς είναι σύνηθες να κυριαρχούν λίγοι κλώνοι που διαφέρουν σε μερικούς ή πολλούς τόπους. Έτσι, εμφανίζεται ισχυρή ανισορροπία σύνδεσης μεταξύ των τόπων
- ✓ Οι πληθυσμοί των αυτογονιμοποιούμενων φυτών μπορεί να παρουσιάζουν ανισορροπία σύνδεσης αν επικρατούν σ' αυτούς λίγοι ομόζυγοι γενότυποι
- ✓ Πληθυσμοί *Drosophila*, πολυμορφικοί για παρακεντρικές αναστροφές αναστολείς του επιχιασμού. Διαφορετικές αναστροφές βρέθηκαν να περιέχουν διαφορετικά αλληλόμορφα σε δύο τόπους (ΣΥΜΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ:)

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

- Οι αλληλομορφικές συχνότητες πολλών γενετικών τόπων διαφέρουν μεταξύ των πληθυσμών και έτσι η ποικιλότητα που προκύπτει μέσα στους πληθυσμούς μετατρέπεται σε ποικιλότητα μεταξύ των πληθυσμών
- Αν προσδιοριστούν οι αλληλομορφικές συχνότητες, τότε είναι δυνατή η εκτίμηση της ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ (GENETIC SIMILARITY) ή της ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ (GENETIC DISTANCE) με διάφορους δείκτες
- Πολύ συχνά, ακόμη και πληθυσμοί που ζουν πολύ κοντά, ειδικότερα σε είδη με περιορισμένη κινητικότητα, διαφέρουν όχι μόνο στις αλλοενζυμικές συχνότητες αλλά και σε ένα ή περισσότερα μορφολογικά ή φυσιολογικά χαρακτηριστικά

**Αγρωστώδη που αναπτύσσονται κοντά σε ορυχεία
εμφανίζουν μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές, ανάλογα
με την απόσταση από αυτά**



ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

ΑΛΛΟΕΝΖΥΜΑ

Δείκτης γενετικής
ομοιότητας Nei (Nei 1972)

$$I_N = \frac{\sum_{i=1}^m (p_{ix} p_{iy})}{\left[\left(\sum_{i=1}^m p_{ix}^2 \right) \left(\sum_{i=1}^m p_{iy}^2 \right) \right]^{1/2}}$$

Δείκτης γενετικής
απόστασης Nei (Nei 1972)

$$D_N = -\log_e I_N$$

Δείκτης γενετικής
ομοιότητας Rogers
(Rogers 1972)

$$S_R = 1 - \left[\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (p_{ix} - p_{iy})^2 \right]^{1/2}$$

p_{ix} = συχνότητα του αλληλομόρφου i στον πληθυσμό (ή το είδος X)

p_{iy} = συχνότητα του αλληλομόρφου i στον πληθυσμό (ή το είδος Y)

m = αριθμός αλληλομόρφων ανά τόπο

Πρότυπα γεωγραφικής ποικιλότητας

Οι μορφές ενός είδους που έχουν διαφοροποιηθεί γεωγραφικά μπορεί να είναι:

➤ ΠΑΡΑΠΑΤΡΙΕΣ

➤ ΑΛΛΟΠΑΤΡΙΕΣ

ΥΠΟΕΙΔΟΣ: Γεωγραφικός πληθυσμός, ή ομάδα πληθυσμών που είναι αναγνωρίσιμος ως διαφορετικός και του έχει δοθεί μια λατινική τυπολογική ονομασία

➤ ΠΟΛΥΤΥΠΙΚΟ ΕΙΔΟΣ (POLYTYPIC SPECIES, *Rassenkreis*)

➤ ΥΠΕΡΕΙΔΟΣ (SUPERSPECIES, *Artenkreis*)

Ανθρώπινες φυλές: υποείδη ή πολυμορφισμός;

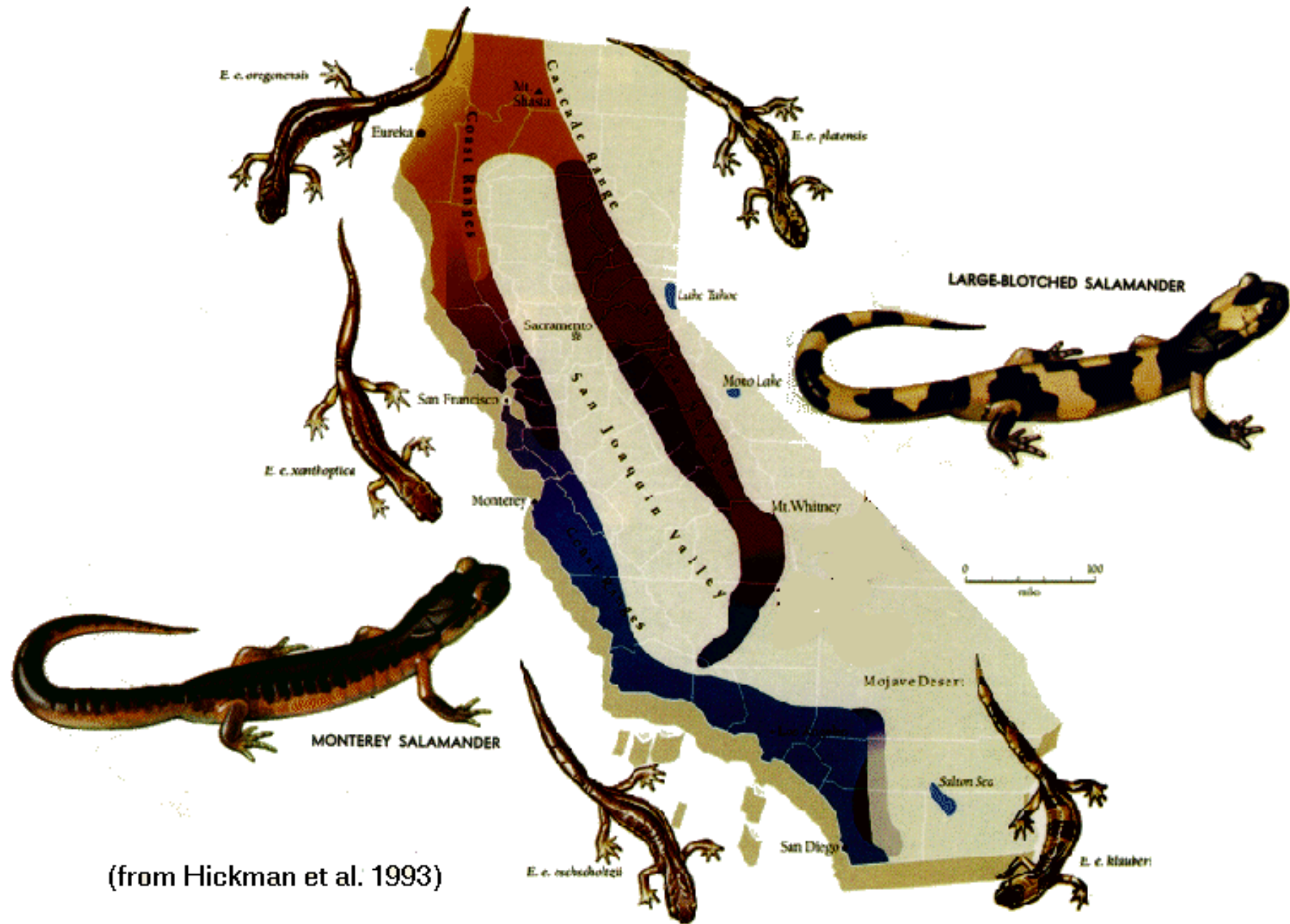


"Among His Signs is the creation of the heavens and earth and the variety of your languages and colours. There are certainly Signs in that for every being."

(The Qur'an 30:22)

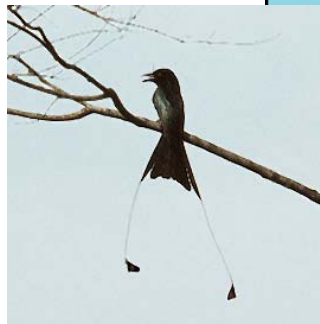
www.harunyahya.com

Πολυτυπικό είδος σαλαμάνδρας



(from Hickman et al. 1993)

Γεωγραφική ποικιλότητα στο *Dicrurus paradiseus*



Υποείδη του φιδιού
Elaphe obsoleta



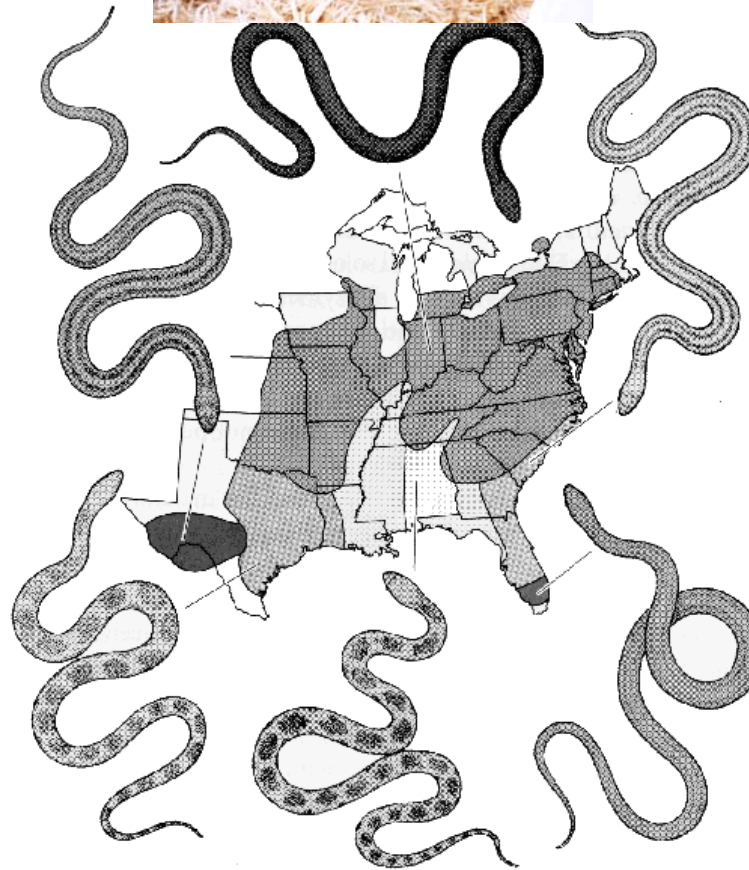
E. o. obsoleta



E. o. bairdi



E. o. quadrivittata



E. o. lidheimeri



E. o. rossaleni



E. o. spiloides

Κατανομή 10 υποειδών νυφίτσας του είδους *Mustela frenata*



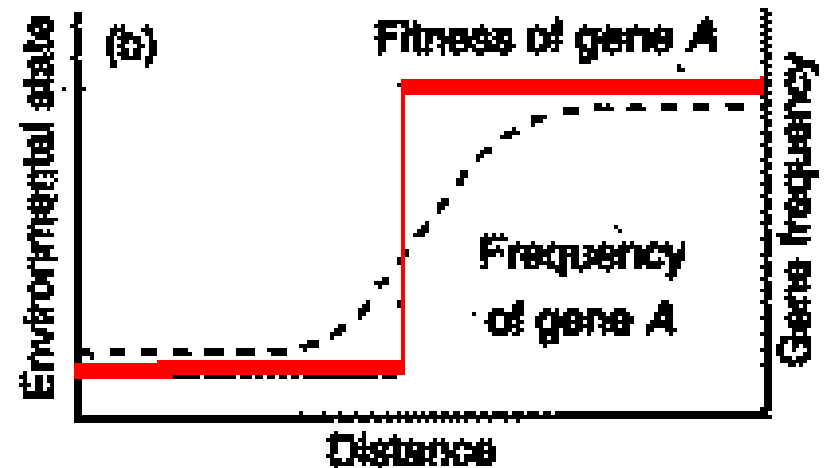
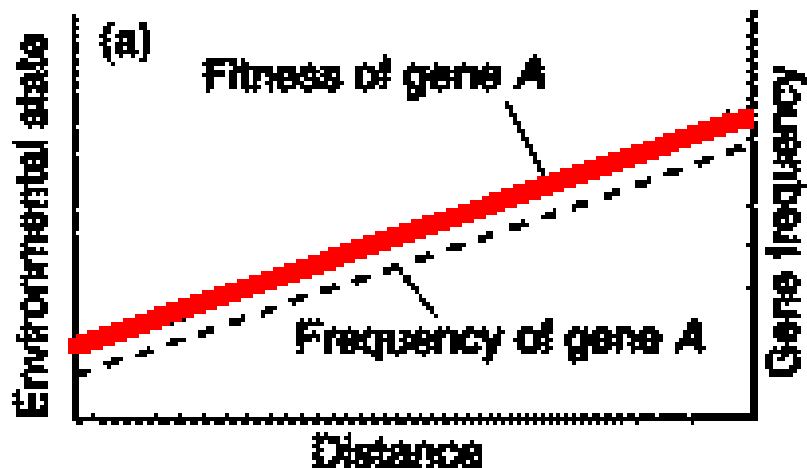
FIG. 1. Map showing localities of capture of specimens depicted in plate 1.
 PLATE 1. Coloration of head and foreparts in ten subspecies of long-tailed weasel, *Mustela frenata*. All figures are of males, approximately $\times \frac{1}{2}$.

ΤΑ ΚΛΙΝΗ

Μια βαθμιαία αλλαγή ενός χαρακτήρα ή ενός αλληλόμορφου κατά μήκος ενός γεωγραφικού άξονα αναφέρεται ως κλινές. Τα κλινή μπορεί να εκτείνονται σε ολόκληρο το γεωγραφικό εύρος ενός είδους. Τα κλινή διακρίνονται σε

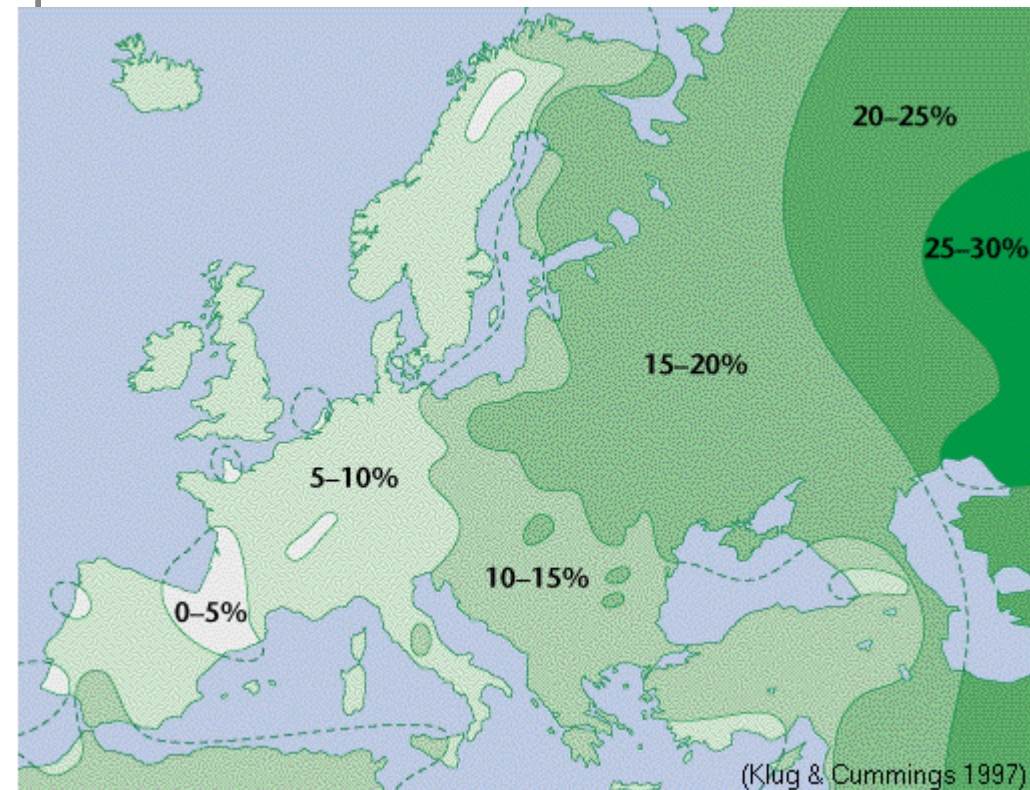
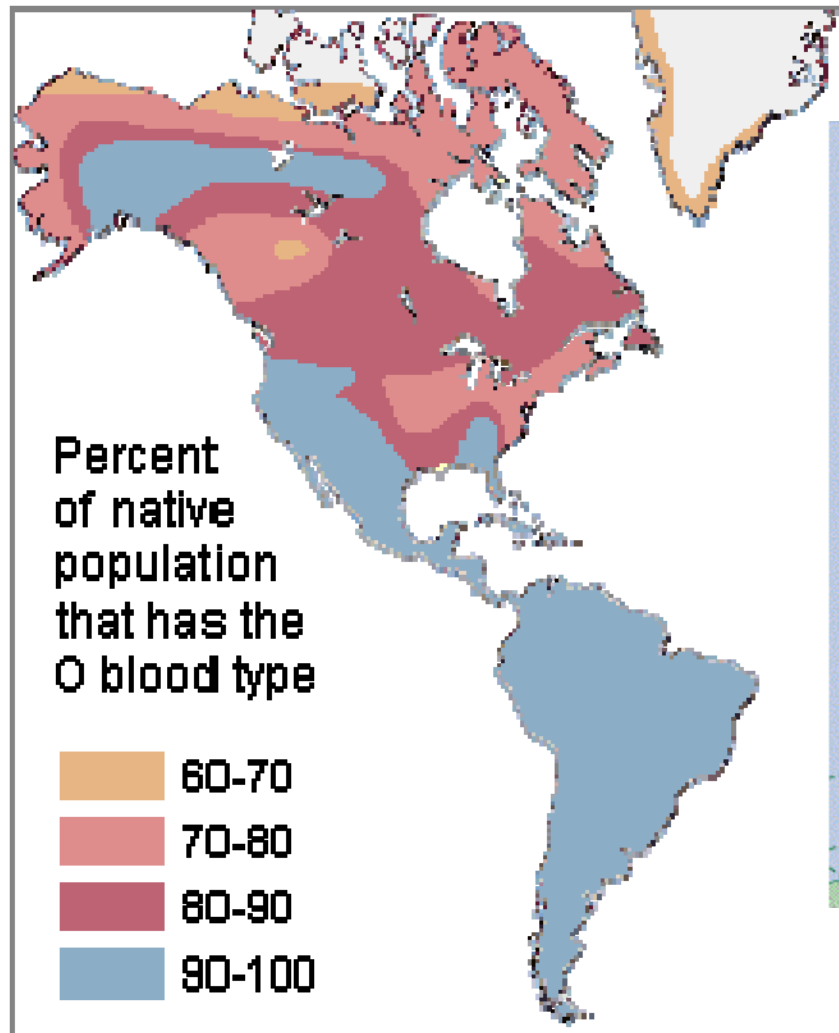
✓ Συνεχή και

✓ Βαθμιδωτά



(after Ridley 1996)

Συνεχής διαβάθμιση της συχνότητας των αλληλομόρφων του συστήματος ABO σε δύο Ηπείρους



Συνεχή κληνή και ο κανόνας του Bergman



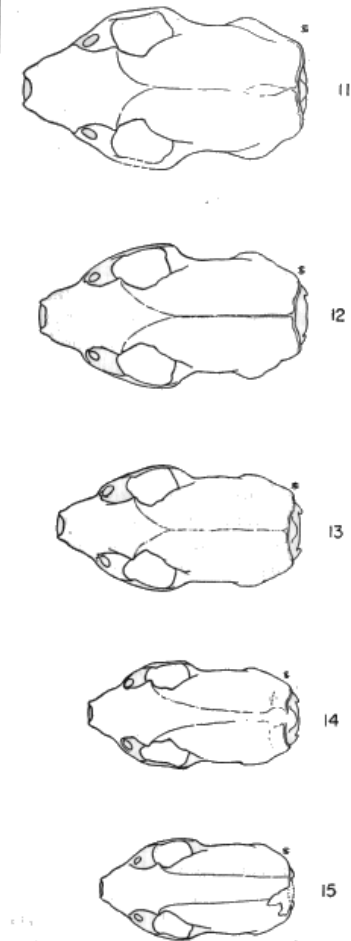
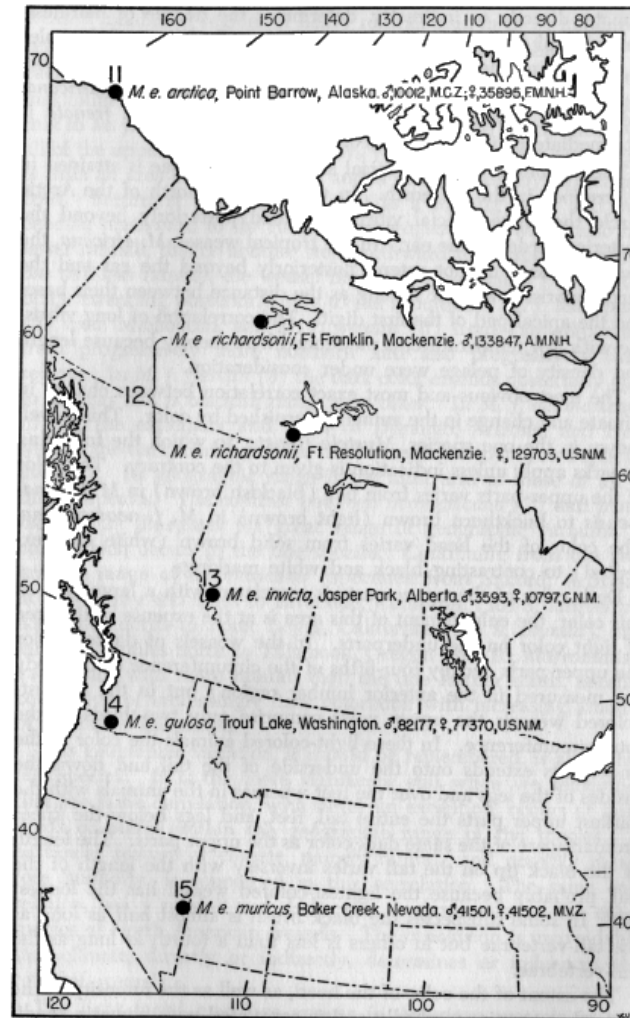
Michigan



Nicaragua

Στα ελάφια

Στις νυφίτσες



Γεωγραφική ποικιλότητα σε οικολογικά και αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά

Γεωγραφική ποικιλότητα παρουσιάζουν όλα σχεδόν τα χαρακτηριστικά, ακόμα και αυτά που συνδέονται με τον οικολογικό ρόλο ενός είδους ή αυτά που μπορούν με περαιτέρω διαφοροποίηση να προκαλέσουν ειδογένεση

Π.χ. Η ικανότητα φυσιολογικού εγκλιματισμού που ποικίλει στους διάφορους οικότυπους της χρυσόβεργας *Solidago virgaurea* σε συνδυασμό με τη φωτοσύνθεση



Γεωγραφική ποικιλότητα σε οικολογικά και αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά

Αρκετές φορές τα είδη διαφέρουν σε χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις τους με άλλα είδη (μετατόπιση του χαρακτήρα) και διαφέρουν περισσότερο εκεί που είναι συμπάτρια παρά εκεί που είναι αλλοπάτρια. Η μετατόπιση του χαρακτήρα βοηθάει

➤ στον περιορισμό του ενδοειδικού ανταγωνισμού

➤ στην επίταση των προσυζευκτικών απομονωτικών μηχανισμών

Π.χ. Ο χρωματισμός των πτερύγων, ένα σήμα για πρόκληση ερωτοτροπίας, διαφέρει περισσότερο μεταξύ συμπάτριων πληθυσμών δύο ειδών οδοντογνάθων *Calopteryx maculata* και *C. aequabilis*



ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΡΟΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

Το μέτρο διαφοροποίησης δύο πληθυσμών καθορίζεται από τον βαθμό της γενετικής του επικοινωνίας

Η ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΡΟΗ (GENE FLOW), m_{ij} , μεταξύ δύο πληθυσμών μετρά το ποσοστό των ατόμων που γεννιούνται στον πληθυσμό j αλλά αφήνουν απογόνους στον πληθυσμό i

Όταν το m_{ij} είναι υψηλό γύρω στο 0,5 οι δύο πληθυσμοί θεωρούνται σαν ένας παμμικτικός πληθυσμός

Πριν την μετανάστευση

Πληθυσμός 1

$$f(a) = q_1$$

n_1 άτομα

Πληθυσμός 2

$$f(a) = q^2$$

Μετανάστευση

Πληθυσμός 1

$$f(a) = q_1$$

n_1 άτομα

Μετανάστες

$$f(a) = q_2$$

n_2 άτομα

Πληθυσμός 2

$$f(a) = q_2$$

Μετά την μετανάστευση

Πληθυσμός 1

$f(a) = q_1$	n_1 αυτόχθονα άτομα
$f(a) = q_2$	n_2 μετανάστες

Έστω m η αναλογία των μεταναστών στον νέο πληθυσμό 1

Τότε $m = n_2 / (n_1 + n_2)$ και

$1 - m$ η αναλογία των αυτόχθονων

Οι νέες γονιδιακές συχνότητες στον διευρυμένο πληθυσμό 1 υπολογίζονται ως εξής:

Μετά την μετανάστευση $q'_1 = (1-m)q_1 + mq_2$

Ο τύπος γράφεται και $q'_1 = q_1 + m(q_2 - q_1)$

Η μεταβολή της γονιδιακής συχνότητας του a που οφείλεται στη μετανάστευση, $m(q_2 - q_1)$, εξαρτάται από το μέγεθος της διαφοράς των γονιδιακών συχνοτήτων μεταξύ των δύο πληθυσμών, $(q_2 - q_1)$ και από την αναλογία των μεταναστών m στον πληθυσμό αποδοχής τους

Εάν οι γονιδιακές συχνότητες q_1 και q_2 είναι ίδιες τότε η τυχαία μετανάστευση δεν τις μεταβάλλει

Η διαφορά των γονιδιακών συχνοτήτων μεταξύ των δύο πληθυσμών μειώνεται μετά την μετανάστευση σε συνάρτηση με την αναλογία μετανάστευσης m :

$$(q'_1 - q_2) = q_1 + m(q_2 - q_1) - q_2 = (q_1 - q_2) - m(q_1 - q_2) = (q_1 - q_2)(1 - m)$$

όπου $(q_1 - q_2)$ η αρχική διαφορά των γονιδιακών συχνοτήτων μεταξύ των δύο πληθυσμών

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έστω δύο πληθυσμοί με $f(a) = q_1 = 0,2$ στον πρώτο και $f(a) = q_2 = 0,6$ στον δεύτερο. Ο αριθμός ατόμων του πληθυσμού 1 = 8000 και ο αριθμός των μεταναστών από τον πληθυσμό 2 = 2000.

Επομένως $m = 2000 (8000 + 2000) = 0,2$ και η νέα συχνότητα

q'_1 του α μετά τη μετανάστευση θα είναι:

$$**q'_1 = q_1 + m(q_2 - q_1) = 0,2 + 0,2(0,6 - 0,2) = 0,2 + 0,08 = 0,28**$$

Αρχικά η διαφορά ανάμεσα στις γονιδιακές συχνότητες ήταν

$$**q_1 - q_2 = 0,2 - 0,6 = -0,4**$$

και μετά τη μετανάστευση

$$**q'_1 - q_2 = 0,28 - 0,6 = -0,32**$$

Διακρίνονται διάφορα μοντέλα γονιδιακής ροής ανάλογα με τη δομή των πληθυσμών

1. Το μοντέλο «ήπειρος-νησί» (continent-island), στο οποίο ενδιαφερόμαστε μόνο για τη ροή από έναν μεγάλο πληθυσμό (ήπειρο) σ' έναν άλλο πολύ μικρότερο (νησί)
2. Το μοντέλο «των νησιών» (island), όπου η ροή γίνεται μεταξύ μικρών πληθυσμών κατά τυχαίο τρόπο
3. Το μοντέλο «του βηματισμού» (stepping-stone), στο οποίο υπάρχουν πολλοί πληθυσμοί, αλλά γονιδιακή ροή υπάρχει μόνο μεταξύ γειτονικών πληθυσμών μέσα στο χρονικό διάστημα μιας γενιάς
4. Το μοντέλο «της απομόνωσης λόγω απόστασης» (isolation-by-distance), όπου η γονιδιακή ροή είναι συνάρτηση της απόστασης μεταξύ τοπικών πληθυσμών που αποτελούν μια συνέχεια

Η υποδιαίρεση ενός πληθυσμού σε υποπληθυσμούς, μεταξύ των οποίων δεν υπάρχει γονιδιακή ροή, προκαλεί μια ολική μείωση της ετεροζυγωτίας (μιμείται δηλ. το φαινόμενο της ομομιξίας)

Η μείωση της ετεροζυγωτίας είναι γνωστή σαν ΑΡΧΗ ΤΟΥ WAHLUND (WAHLUND EFFECT)

Υπάρχουν τρεις συντελεστές που μετρούν την ετεροζυγωτία σ' ένα σύνολο υποπληθυσμών:

F_{IS} : μετρά τον βαθμό ομομιξίας μέσα σ' έναν υποπληθυσμό, δηλ. δύο τυχαία γονίδια να είναι ταυτόσημα εκ καταγωγής

F_{ST} : μετρά την πτώση της ετεροζυγωτίας λόγω υποδιαίρεσης του πληθυσμού σε υποπληθυσμούς

F_{IT} : μετρά την πιθανότητα δύο τυχαία γονίδια αντλούμενα από το σύνολο των υποπληθυσμών να είναι ταυτόσημα εκ καταγωγής

Η σχέση μεταξύ των συντελεστών είναι

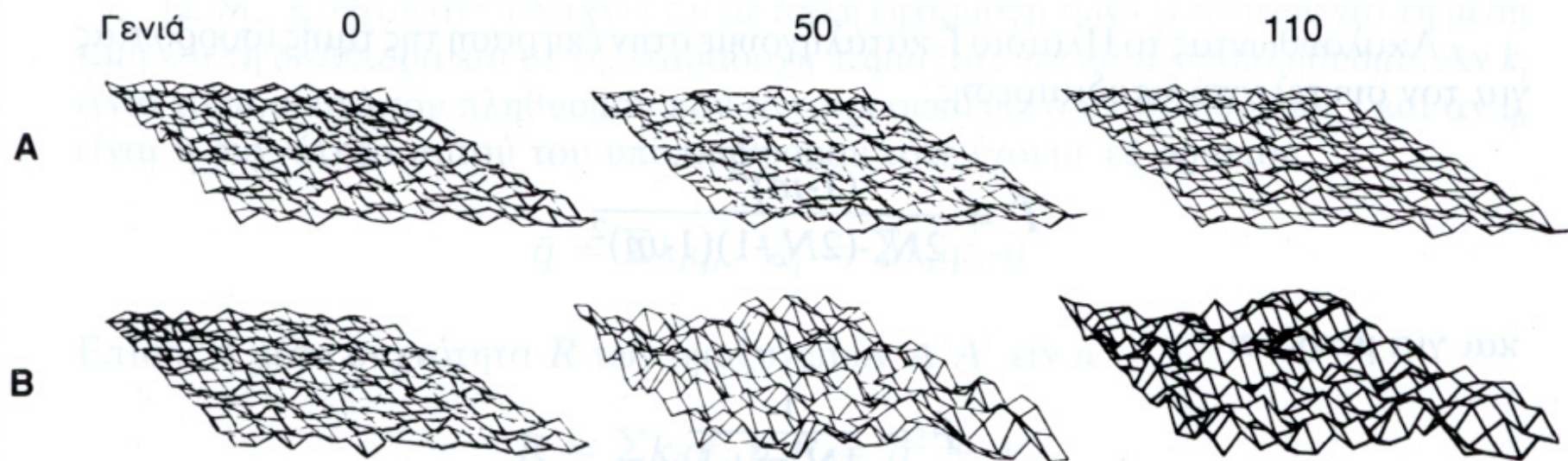
$$F_{ST} = \frac{F_{IT} - F_{IS}}{1 - F_{IS}}$$

Σε έναν υποπληθυσμό με δραστικό μέγεθος N_e (που το θεωρούμε σαν το μέσο μέγεθος των υποπληθυσμών) η τιμή του F_{ST} θα αυξάνεται από γενιά σε γενιά

$$F_t = \left[\frac{1}{2N_e} + \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right) F_{t-1} \right]$$

Αν m είναι η συχνότητα γονιδιακής ροής, η πιθανότητα ότι δύο τυχαία γονίδια δεν έχουν έρθει στον υποπληθυσμό από άλλους πληθυσμούς (άρα θεωρούνται ότι δεν είναι ταυτόσημα εκ καταγωγής) είναι $(1-m)^2$. Επομένως η τελική πιθανότητα αυτοζυγωτίας σε έναν υποδιηρημένο πληθυσμό με γονιδιακή ροή είναι

$$F_t = \left[\frac{1}{2N_e} + \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right) F_{t-1} \right] (1-m)^2$$



Πως το μέγεθος γειτονιάς επηρεάζει την κατανομή των αλληλομορφικών συχνοτήτων στο χώρο, σύμφωνα με το μοντέλο της απομόνωσης λόγω απόστασης. Κάθε σχήμα παριστάνει μια επιφάνεια που καταλαμβάνεται από 100×100 άτομα τοποθετημένα σε ίσες αποστάσεις. Στη σειρά (A) κάθε άτομο έχει τη δυνατότητα να διασταυρωθεί με οποιοδήποτε άλλο άτομο, ενώ στη σειρά (B) οι διασταυρώσεις γίνονται μέσα σε γειτονιές μεγέθους 9 ατόμων. Τα ύψη σε κάθε σχήμα παριστάνουν τις συχνότητες ενός αλληλομόρφου κατά μονάδα επιφανείας μετά από 0, 50 και 110 γενιές (προσομοίωση). Η γενετική διαφοροποίηση είναι μεγαλύτερη όταν το μέγεθος της γειτονιάς είναι μικρό

ΔΡΑΣΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΡΟΗ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ

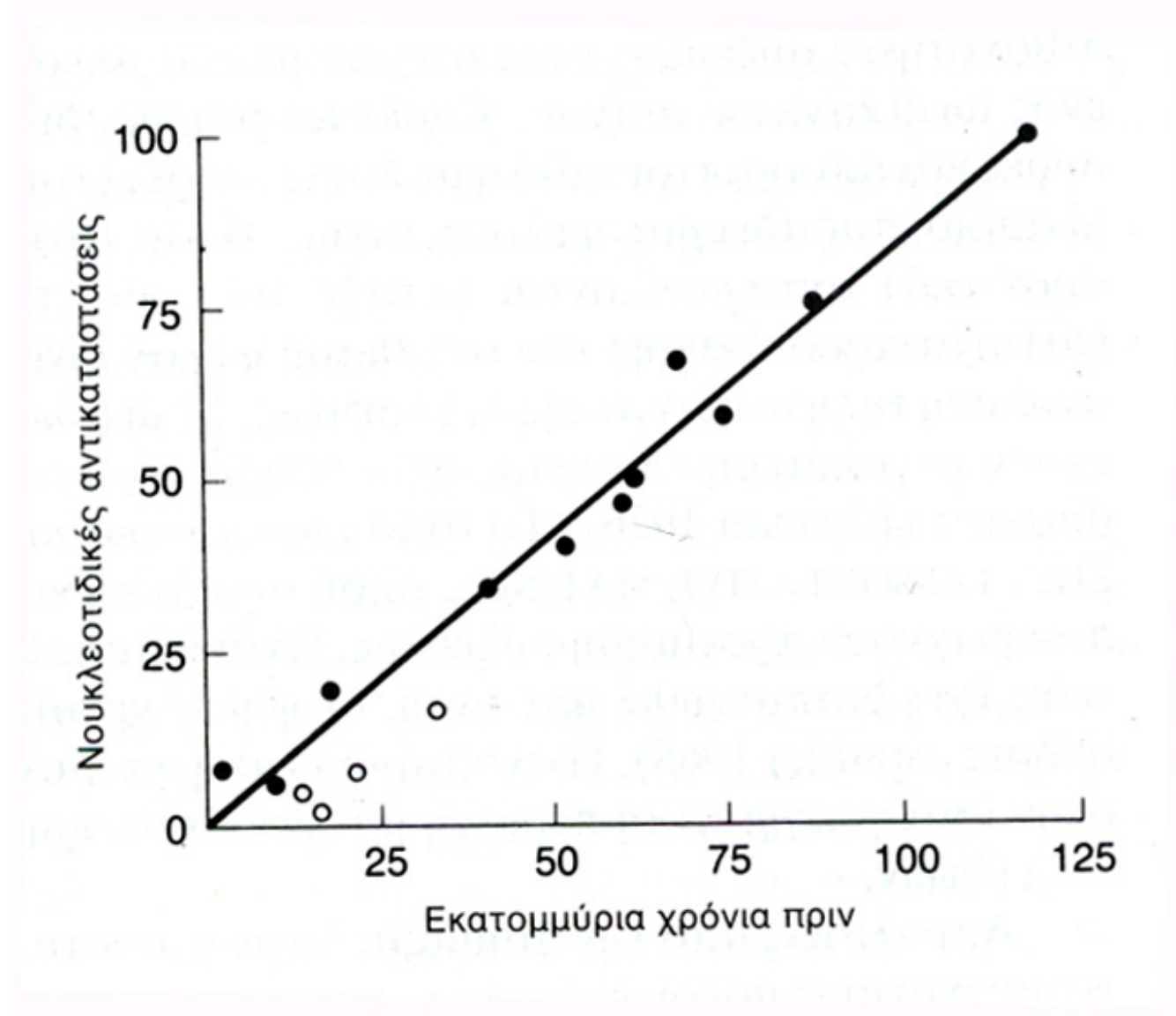
Τόσο το δραστικό μέγεθος όσο και η γονιδιακή ροή είναι παράμετροι που δύσκολα μπορούν να εκτιμηθούν στη φύση

Διάφορες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί, οι περισσότερες από τις οποίες εκτιμούν το γινόμενο $N_e m$ παρά το N_e ή το m χωριστά

Με τη μέθοδο της ατομικής σήμανσης υπολογίστηκε ότι η μετανάστευση και τα δραστικά μεγέθη ήταν μικρότερα από αυτά που αναμενόταν σύμφωνα με τις δυνατότητες διασποράς των ειδών

Η τιμή του γινομένου $N_e m$ υπολογίζεται συνήθως από τις τιμές του F_{ST} , που με τη σειρά του στηρίζεται στις μετρήσεις των αλληλομορφικών συχνοτήτων αλληλομόρφων που θεωρούνται ουδέτερα ως προς τις δυνάμεις της φυσικής επιλογής και έχει αποδειχθεί αρκετά αξιόπιστος (π.χ. άπτερα έντομα έχουν μεγαλύτερη δια-πληθυσμιακή διαφοροποίηση και μικρότερη ενδο-πληθυσμιακή ετεροζυγωτία απ' ότι τα πτερωτά)

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΟΥΔΕΤΕΡΟΤΗΤΑΣ (Kimura, Nei) ΚΑΙ ΤΑ ΜΟΡΙΑΚΑ ΡΟΛΟΓΙΑ



Σύμφωνα με τον Mayr υπάρχουν τρεις έννοιες για τον καθορισμό του είδους:

1. Η τυπολογική έννοια του είδους. Σύμφωνα με αυτή, εάν δύο οργανισμοί είναι μορφολογικά διαφορετικοί θεωρούνται δύο διακριτά είδη. Με το κριτήριο αυτό ακόμη και δύο οργανισμοί της ίδιας αναπαραγωγικής κοινότητας που δείχνουν μόνο ελαφριές μορφολογικές μεταξύ τους θα μπορούσαν να είναι δύο διαφορετικά είδη.

2. Η Μη-χωροχρονική έννοια του είδους. Άτομα ενός είδους θεωρούνται αυτά που βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία (συμπατρικά) την ίδια στιγμή (σύγχρονα). Θεωρείται δε δεδομένος ο χωροχρονικός διαχωρισμός του ενός είδους από ένα άλλο. Εντούτοις, πολλές φορές οι οικότοποι ενός είδους δεν είναι προφανείς και υπάρχουν αμφιβολίες στον προσδιορισμό των τοπικών πληθυσμών.

3. Η έννοια της Διασταύρωσης μεταξύ των πληθυσμών. Είδος θεωρείται μια ομάδα ατόμων που πραγματικά ή δυνητικά διασταυρώνονται μεταξύ τους. Έχει το πλεονέκτημα να είναι πολυδιάστατο ως προς το ότι πληθυσμοί που καταλαμβάνουν διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές ή ζουν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους μπορούν να καταταγούν ως προς την ικανότητά τους να αναπαραχθούν. Ωστόσο, αν και είναι προφανές το πρόβλημα της πρακτικής εφαρμογής του «δυνητικά», το μοντέλο αυτό δίνει έναν αρκετά ρεαλιστικό προσδιορισμό του είδους.

Απομονωτικοί μηχανισμοί στα ζώα

1. Μηχανισμοί που παρεμποδίζουν τις διασταυρώσεις (προσυζευκτικοί μηχανισμοί)
 - α. Τα άτομα που θα μπορούσαν να διασταυρωθούν δεν συναντώνται
εποχιακή απομόνωση ή απομόνωση ενδιαιτήματος
 - β. Τα άτομα που θα μπορούσαν να διασταυρωθούν συναντώνται αλλά δεν συζεύονται (**ηθολογική απομόνωση**)
 - γ. Η σύζευξη επιχειρείται αλλά δεν παρατηρείται μεταφορά σπέρματος (**μηχανική απομόνωση**)
2. Μηχανισμοί που παρεμποδίζουν την πλήρη επιτυχία των διαειδικών διασταυρώσεων (μετασυζευκτικοί μηχανισμοί)
 - α. Η μεταφορά σπέρματος πραγματοποιείται αλλά το wάριο δεν γονιμοποιείται (**γαμετική θνησιμότητα**)
 - β. Το wάριο γονιμοποιείται αλλά το ζυγωτό πεθαίνει (**ζυγωτικοί θνησιμότητα**)
 - γ. Το ζυγωτό παράγει υβρίδιο F1, αλλά μειωμένης βιωσιμότητας (**υβριδιακή αβιωσιμότητα**)
 - δ. Το υβρίδιο είναι πλήρως βιώσιμο, αλλά μερικώς ή ολικώς στείρο ή παράγει ελαττωματικούς απογόνους (**υβριδιακή στειρότητα**)