



UNIVERSITY OF
PATRAS
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΖΩΑ
ή
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ
(Α΄ Μέρος)

Κ. Μπαταργιάς

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Βιώσιμη Αλιεία, Υδατοκαλλιέργεια
2022



Τι θα δούμε;

1. Τι είναι Ποσοτική γενετική
2. Πορεία της γενετικής στις υδατοκαλλιέργειες
3. Χαρακτήρες και μελέτη τους
4. Κληρονομησιμότητα
5. Στρατηγικές βελτίωσης
6. Αρχές & μέθοδοι επιλογής
7. Κληροδοτική Τιμή
8. Εκτίμηση κληρονομησιμότητας – EBVs
9. Πρόβλεψη γενετικού κέρδους
10. Επιπτώσεις ομομιξίας
11. Πως γίνεται η γενετική βελτίωση στην πράξη;
12. Μοριακοί σημαντές στην υδατοκαλλιέργεια
13. Γενετικές επιδράσεις σε φυσικούς πληθυσμούς



Τι είναι η Γενετική βελτίωση;

- Είναι η (τεχνητή) αλλαγή της μέσης τιμής του πληθυσμού για ένα χαρακτήρα που παρουσιάζει ενδιαφέρον.
- Η αλλαγή αυτή βασίζεται στις αρχές της Πληθυσμιακής Γενετικής.
 - και ειδικότερα της Ποσοτικής Γενετικής.



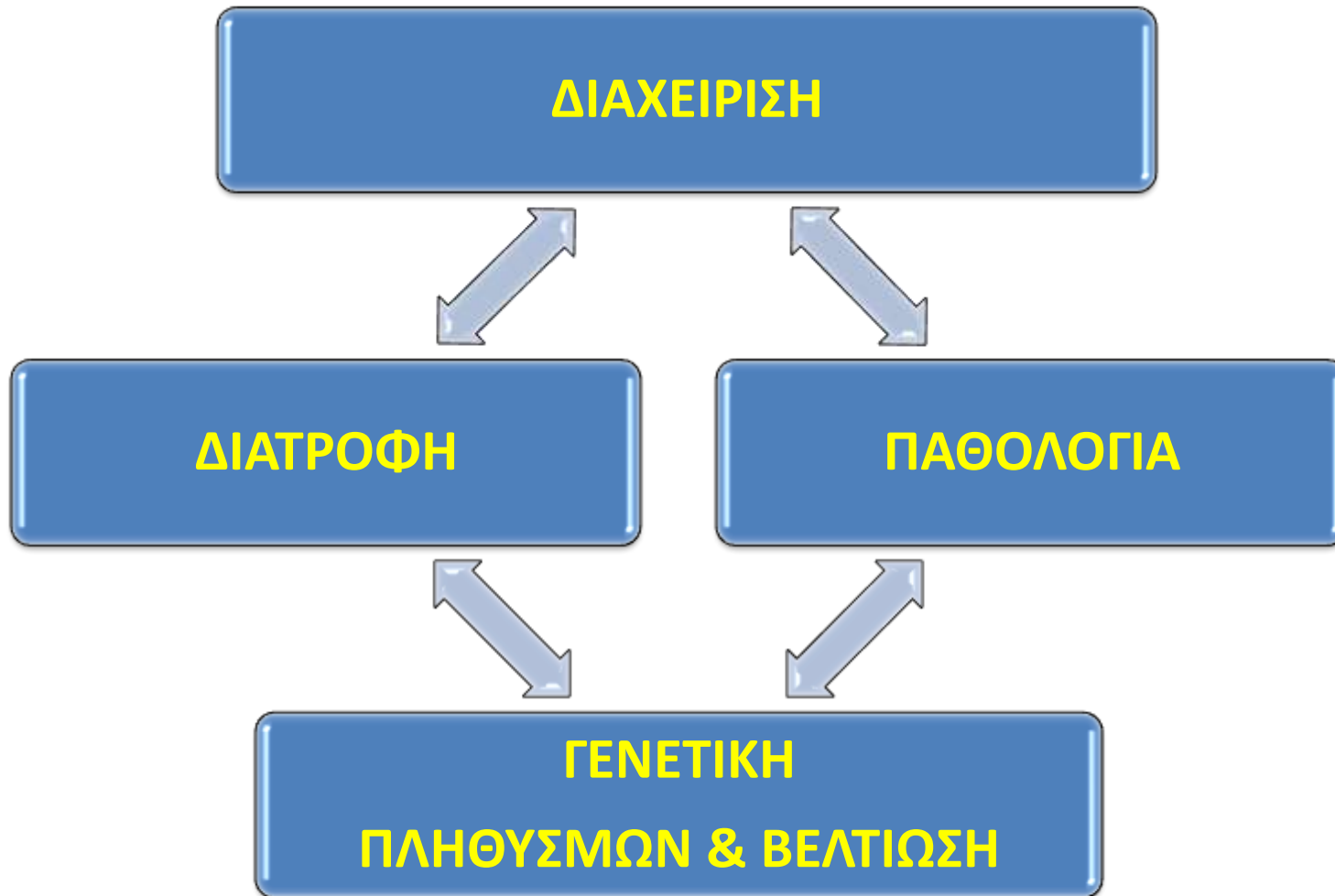
- Υπάρχουν διαφορές μεταξύ ατόμων οι οποίες ...«δίνουν υλικό στη φυσική επιλογή να δράσει με τον ίδιο τρόπο που ο άνθρωπος δρα στην παραγωγή του, σωρεύοντας ατομικές διαφορές προς οποιαδήποτε κατεύθυνση»

»(Δαρβίνος)

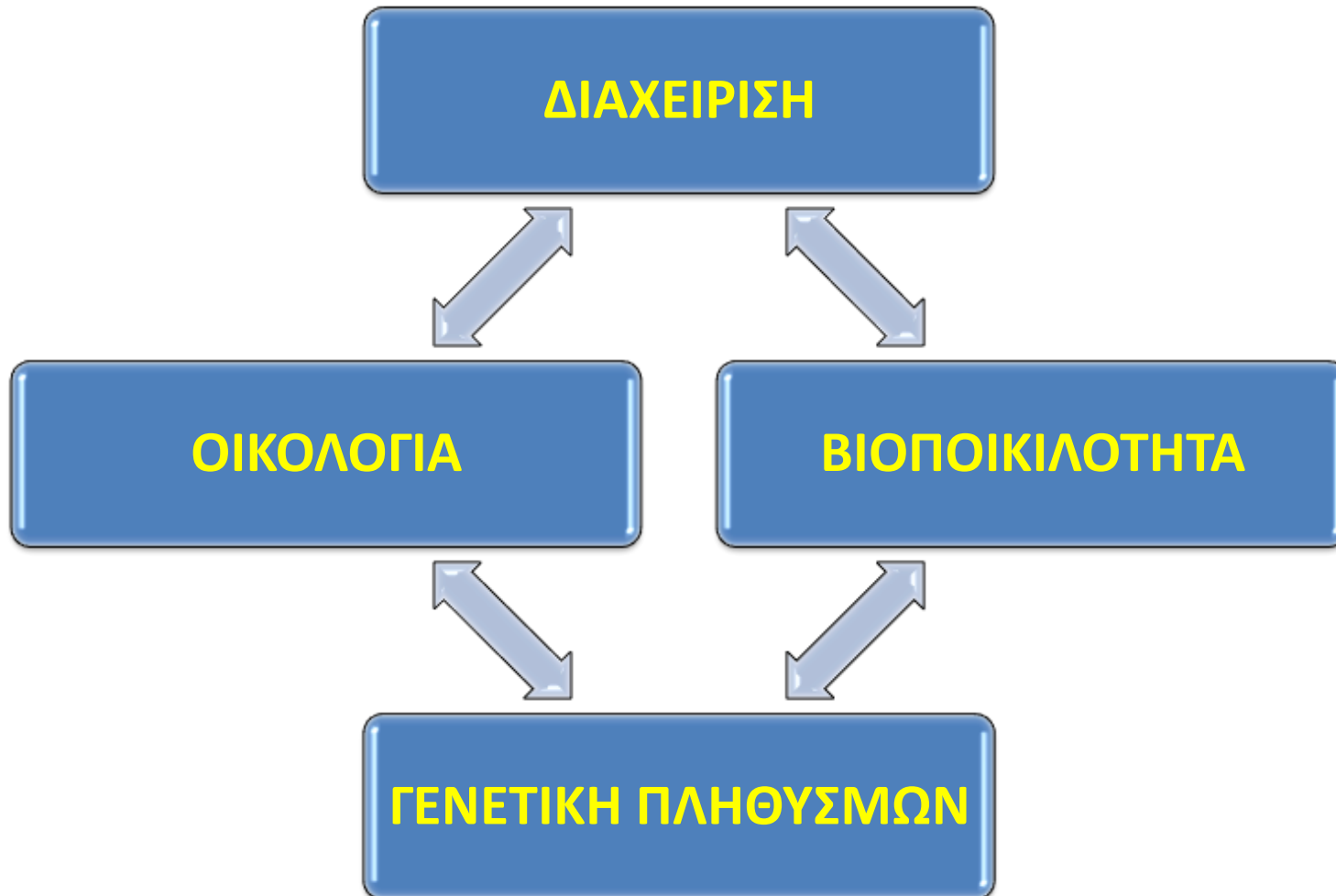


- Κατανόηση της κληρονομικότητας αυτών των διαφορών είναι θεμελιώδους σημασίας:
 - Στη μελέτη της **εξέλιξης**
 - Στην εφαρμογή της γενετικής στη **βελτίωση** και διαχείριση των ζωικών και φυτικών πληθυσμών.

Άξονες αναγκών και ανάπτυξης της Παραγωγής (Ζωικής, Φυτικής & Υδατοκαλλιέργειας)



Άξονες αναγκών και ανάπτυξης της Διαχείρισης Φυσικών Πληθυσμών (Φυσικοί Πληθυσμοί ζώων, Αλιεία, Δάση)





ΣΥΧΝΗ ΠΑΡΑΝΟΗΣΗ

**ΓΕΝΕΤΙΚΗ
(GENETICS)**

Μελετά τους γενετικούς μηχανισμούς που ελέγχουν τους χαρακτήρες δηλαδή τον τρόπο κληρονόμησής τους.



≠

**ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ
(REPRODUCTION)**

Μελετά τους φυσιολογικούς μηχανισμούς της γεννητικής(!!) ωρίμανσης και αναπαραγωγής καθώς και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις πάνω σε αυτούς.





ΣΥΧΝΗ ΠΑΡΑΝΟΗΣΗ

ΓΕΝΕΤΙΚΗ
(GENETICS)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ
(REPRODUCTION)



ΣΤΟΧΕΥΕΙ



Γονότυπο & Φαινότυπο
στο

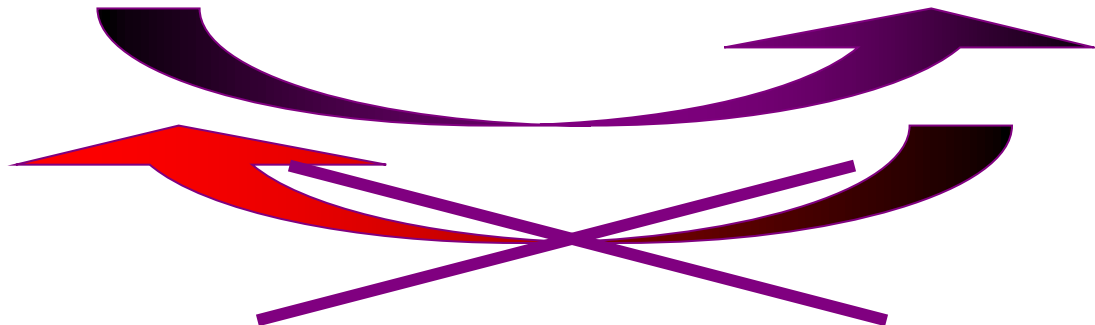
- άτομο
- πληθυσμό

Φαινότυπο
στον

πληθυσμό

Ξέροντας αυτό

Ελέγχουμε αυτό





ΠΩΣ ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΛΗΘΥΣΜΟΙ?

•Ο σκοπός ενός γενετιστή ΔΕΝ είναι να βελτιώσει τα ήδη υπάρχοντα άτομα (από τη στιγμή της γονιμοποίησης δεν μπορεί να γίνει τίποτε εκτός από γενετική τροποποίηση).



- Ο σκοπός ενός γενετιστή ΕΙΝΑΙ να βελτιώσει τον πληθυσμό, δηλαδή να βελτιώσει τις μελλοντικές γενιές.
- ΚΑΘΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ έχει τα δικά του χαρακτηριστικά.



Βιοχημεία – Γενετική – Μοριακή Βιολογία

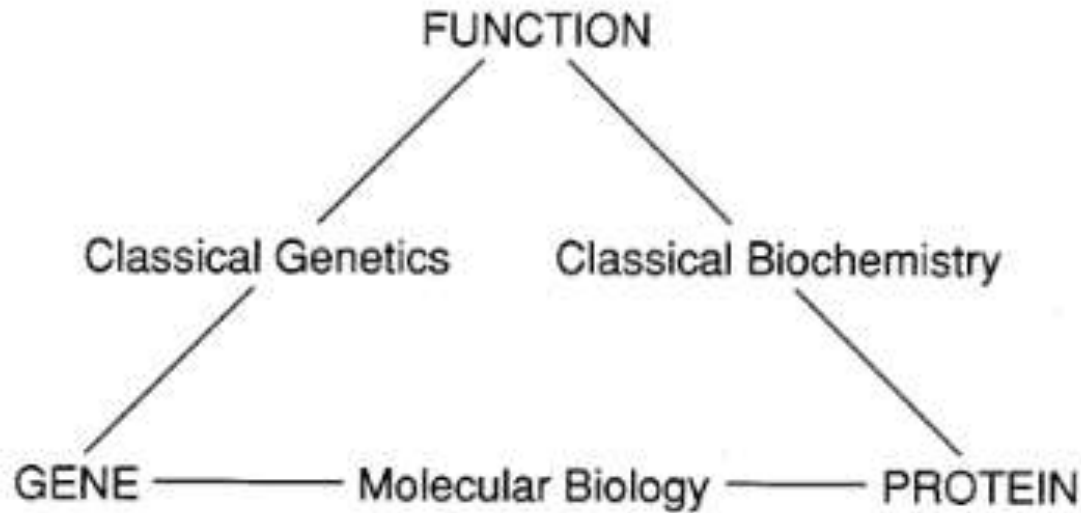


FIGURE 1.7 Molecular biology connected the disciplines of genetics and biochemistry by showing how genes encoded proteins.



Τι θα δούμε;

1. *Τι είναι Ποσοτική γενετική*
2. Πορεία της γενετικής στις υδατοκαλλιέργειες
3. Χαρακτήρες και μελέτη τους
4. Κληρονομησιμότητα
5. Στρατηγικές βελτίωσης
6. Αρχές & μέθοδοι επιλογής
7. Κληροδοτική Τιμή
8. Εκτίμηση κληρονομησιμότητας – EBVs
9. Πρόβλεψη γενετικού κέρδους
10. Επιπτώσεις ομοειξίας
11. Πως γίνεται η γενετική βελτίωση στην πράξη;
12. Μοριακοί σημαντές στην υδατοκαλλιέργεια
13. Γενετικές επιδράσεις σε φυσικούς πληθυσμούς



Γενετική στις Υδατοκαλλιέργειες

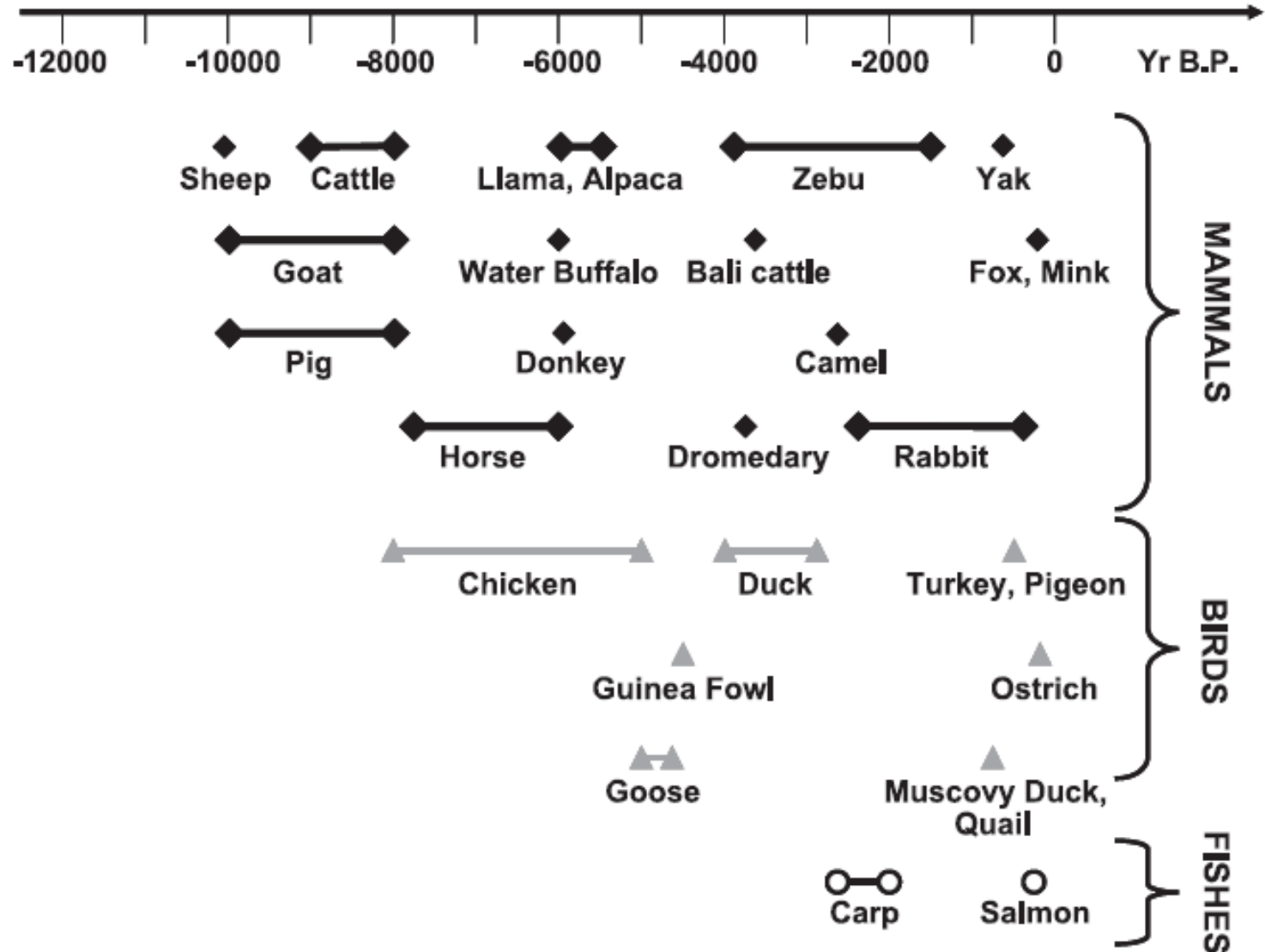
- Πότε άρχισε;
- Πώς συνέχισε;
- Τι γίνεται τώρα;
- Τι έχει επιτευχθεί μέχρι τώρα;



Domestication!!!!:

Πότε άρχισε?

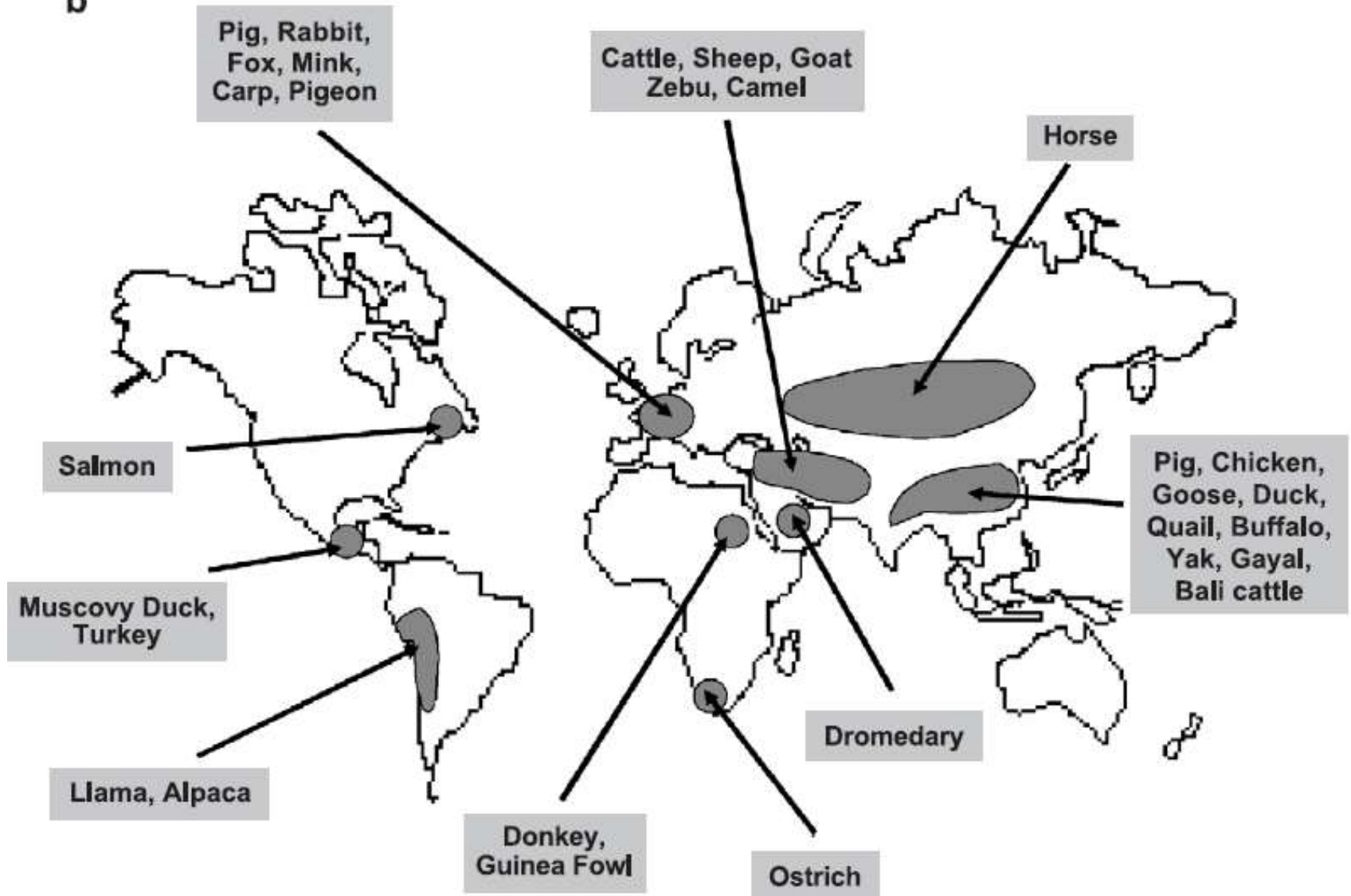
a





Domestication!!!!: - Που έγινε?

b





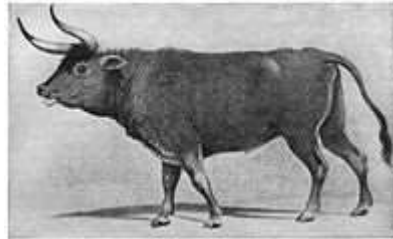
Domestication!!!!: - Πόσες φορές?

Taxa	Number
Pig <i>Sus domesticus</i>	7
Dog <i>Canis familiaris</i>	Many
Horse <i>Equus caballus</i>	Many
Goat <i>Capra hircus</i>	5
Cow <i>Bos taurus</i> and <i>B. indicus</i>	4
Sheep <i>Ovis aries</i>	2
Donkey <i>Equus asinus</i>	2
Water buffalo <i>Bubalus bubalus</i>	1–2?

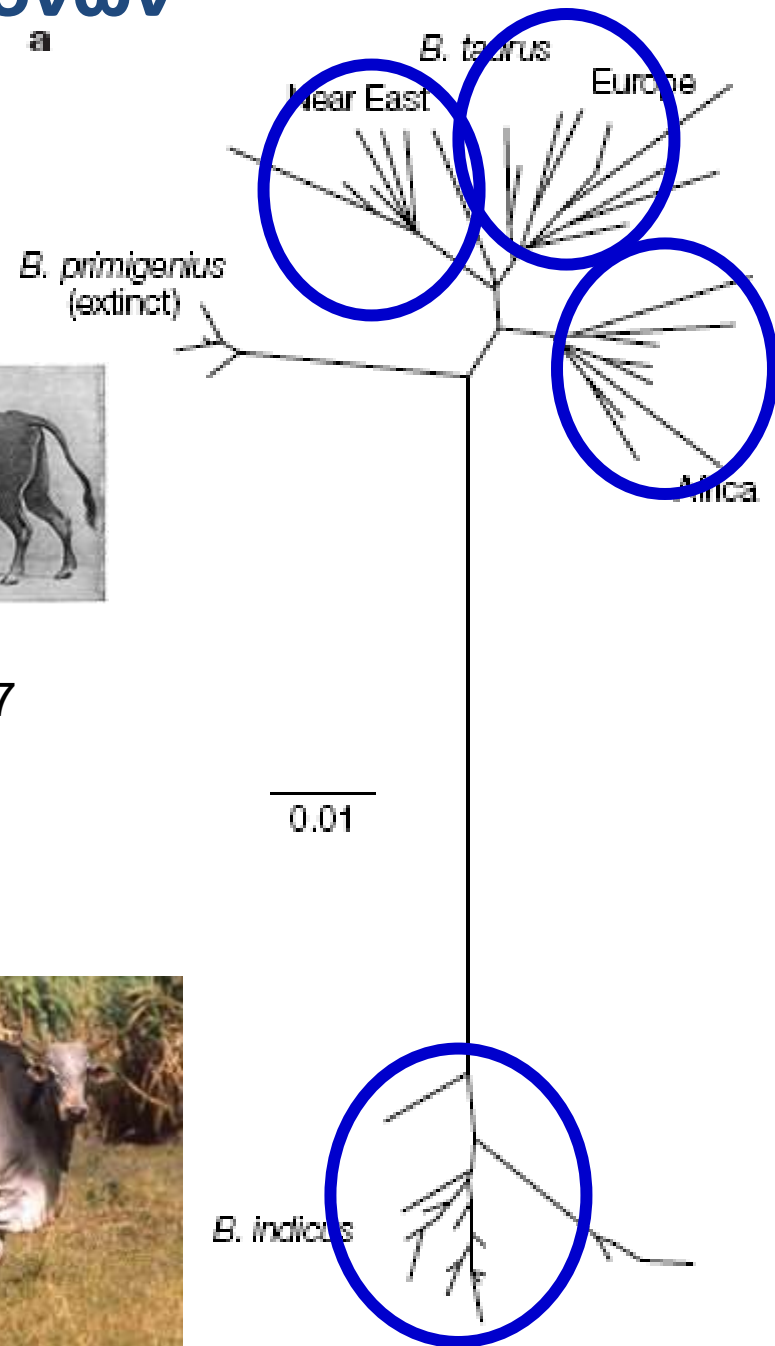


Φυλογένεση των σύγχρονων βοοειδών

- Based on 201 bp of mtDNA control-region

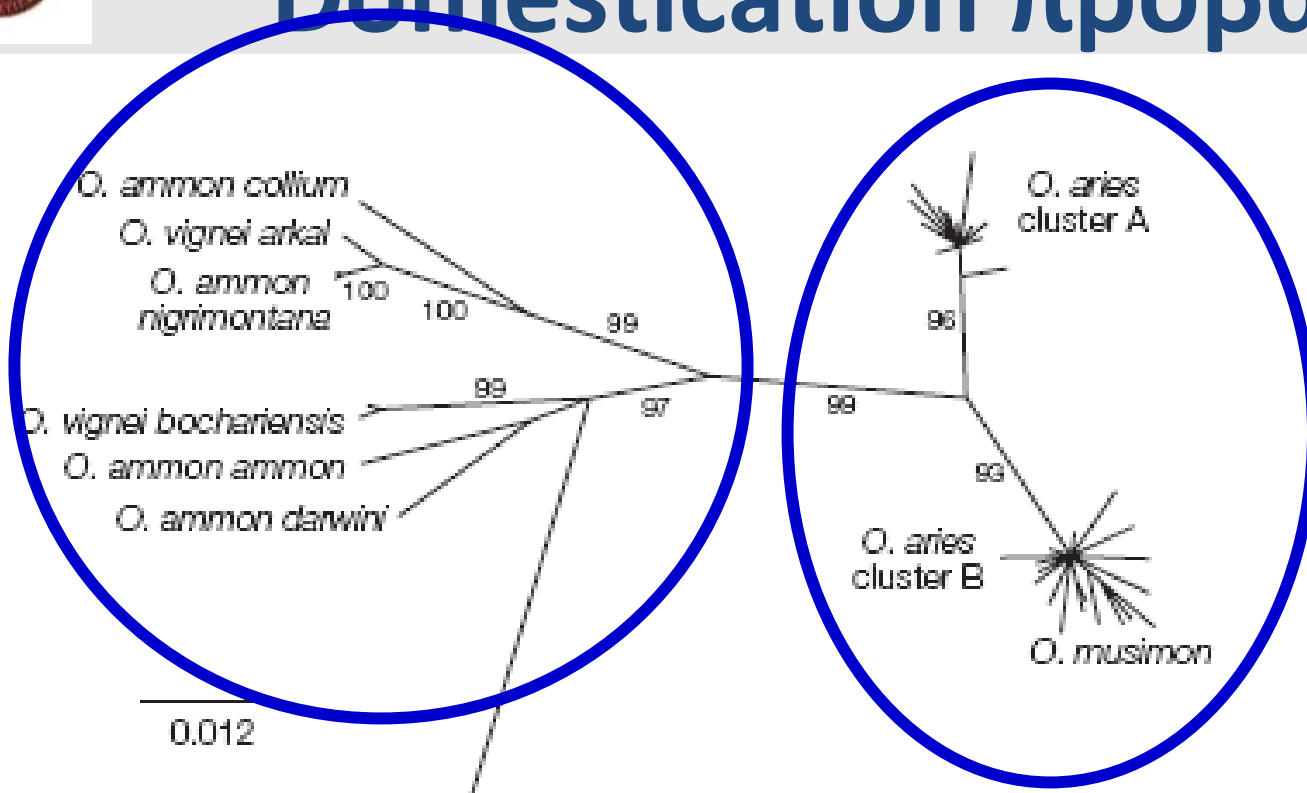


Aurochs
Extinct 1627





Domestication προβάτων

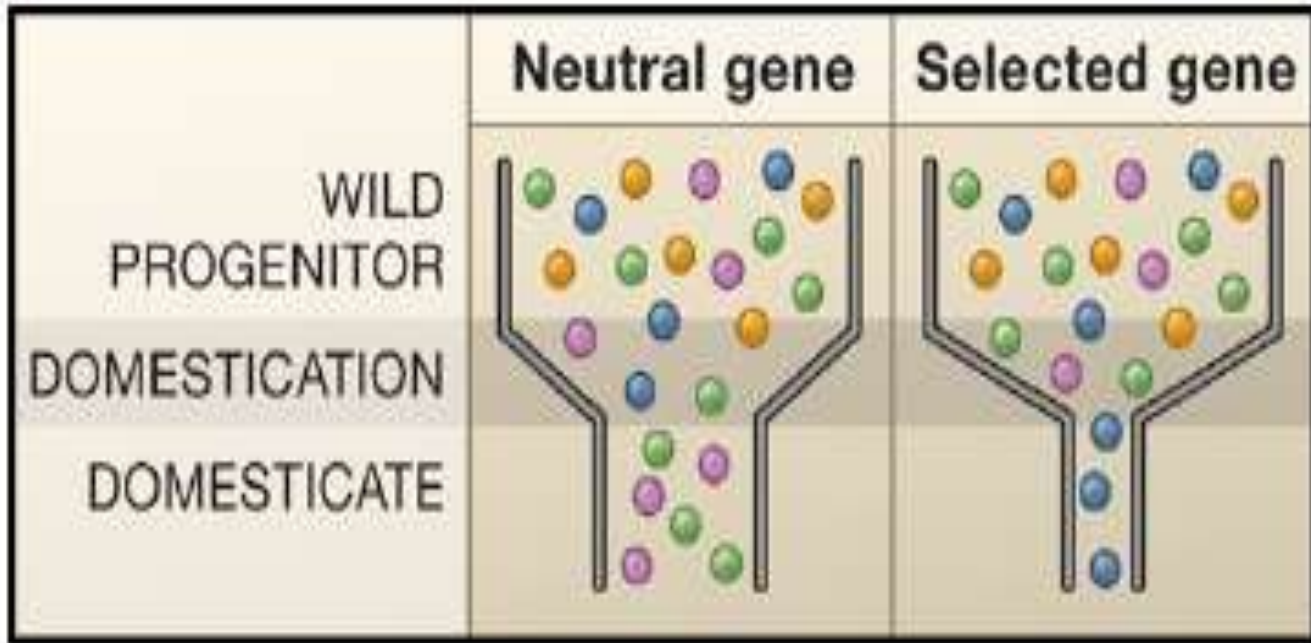


- mtDNA ML phylogeny based on 1045bp control-region sequence

O. canadensis



Γενετική άποψη της εξημέρωσης

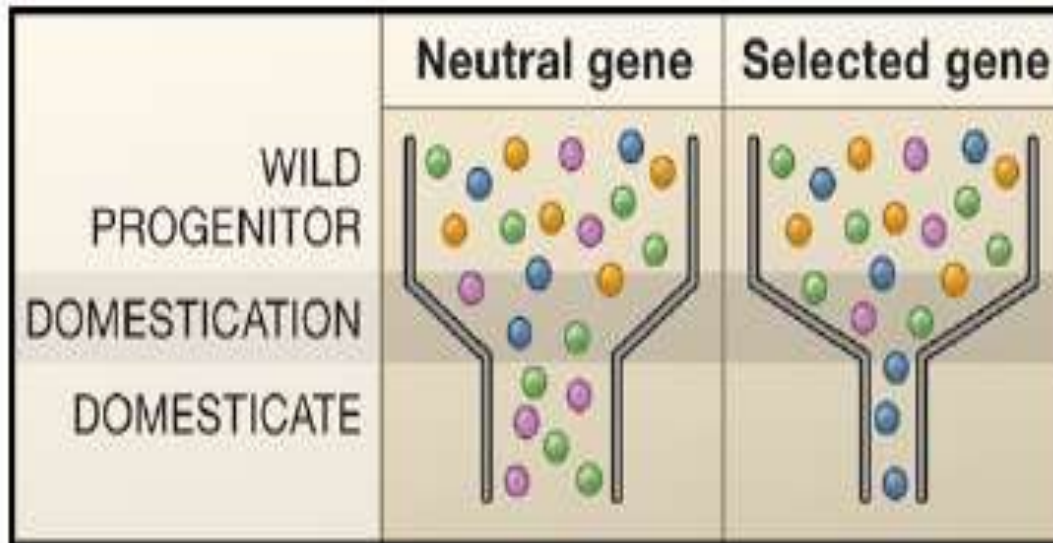




Ο βαθμός προσαρμογής στην αιχμαλωσία (domestication) εξαρτάται από:

- I) Γενετική ποικιλότητα
- II) Ένταση επιλογής
- III) Δραστικό πληθυσμιακό μέγεθος
- IV) Χρόνος σε αιχμαλωσία (αριθμός γενιών)

Εκούσια επιλογή
Ακούσια επιλογή
Χαλάρωση επιλογής





Domestication in fish

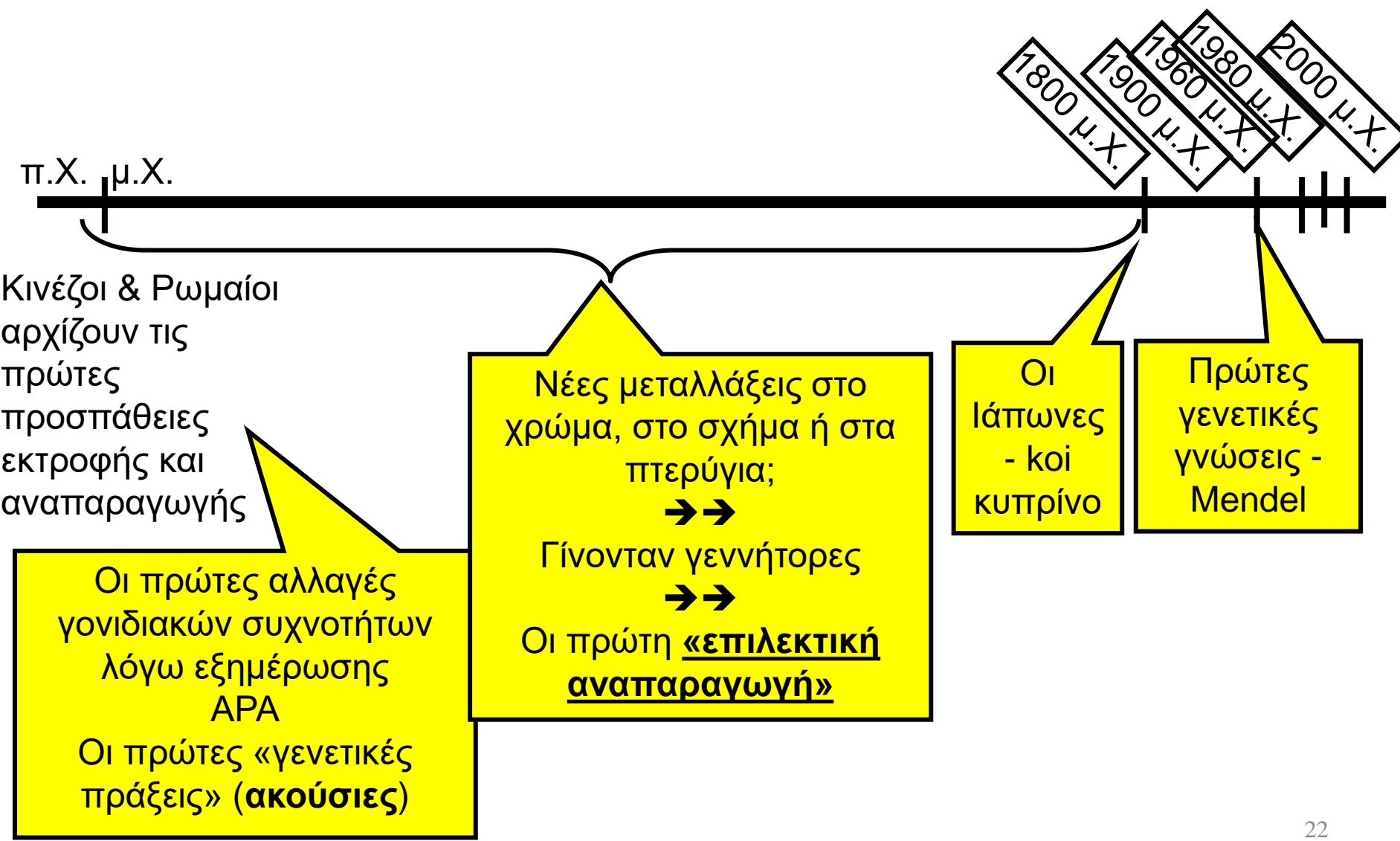
Table 2. Survey of European fish species that have reached the level 5, classified according to their global aquaculture production in 2014 (from [28] [31]). Importantly, this does not imply that the entire production is based on improved stocks [31], particularly for common carp. Generations: number of generations under selection in the oldest breeding program (if known).

Species	Common name	Generations	Production (tons)
<i>Solea solea</i>	Common sole		88
<i>Gadus morhua</i>	Atlantic cod	>3	1696
<i>Salmo trutta</i>	Sea trout		4389
<i>Argyrosomus regius</i>	Meagre		11,770
<i>Scophthalmus maximus</i>	Turbot	5	71,851
<i>Dicentrarchus labrax</i>	European seabass	8	156,450
<i>Sparus aurata</i>	Gilthead seabream	7	158,389
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Rainbow trout	14	812,940
<i>Salmo salar</i>	Atlantic salmon	11	2,326,288
<i>Cyprinus carpio</i>	Common carp		4,159,177

(Teletchea, 2016)

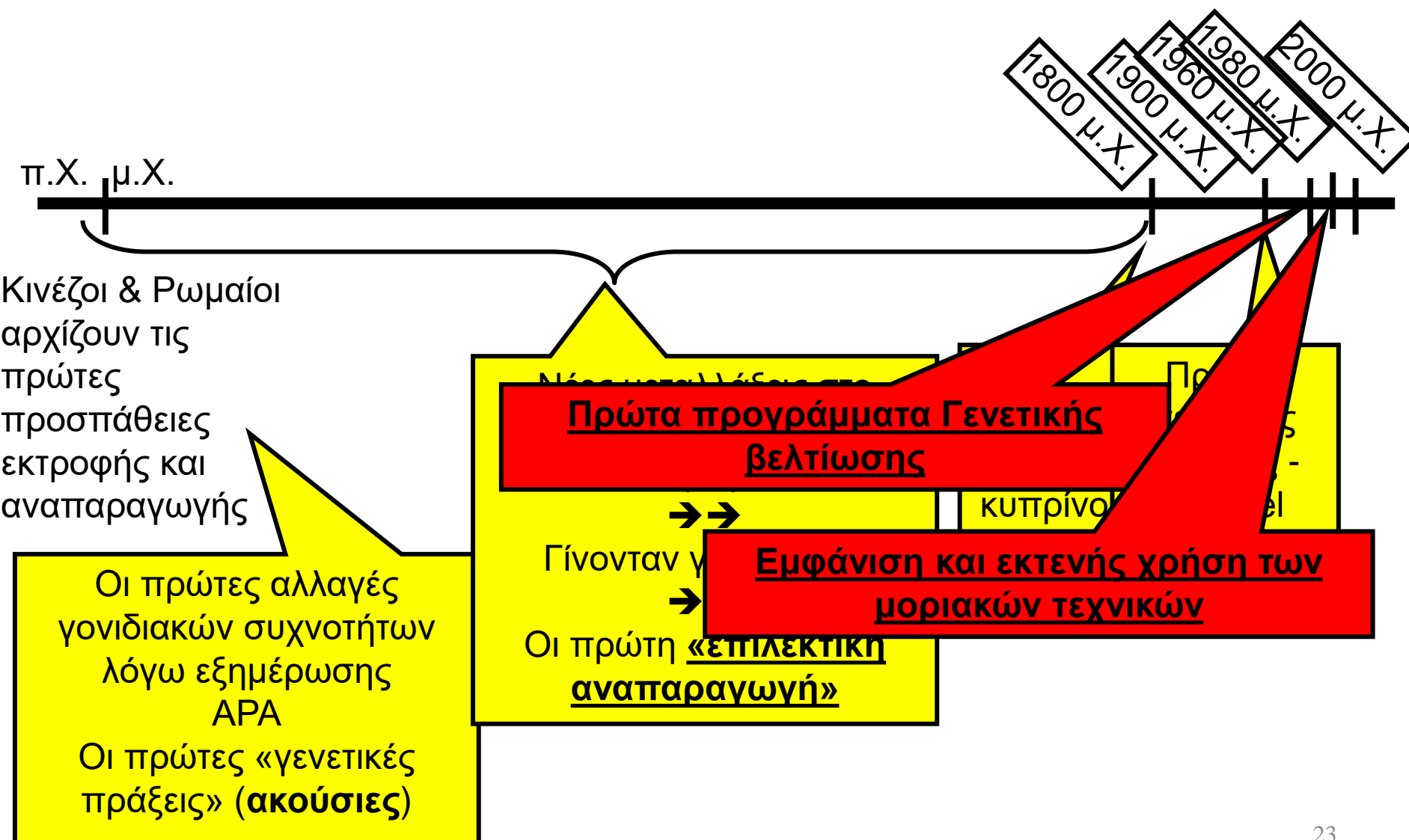


Γενετική στις Υδατοκαλλιέργειες



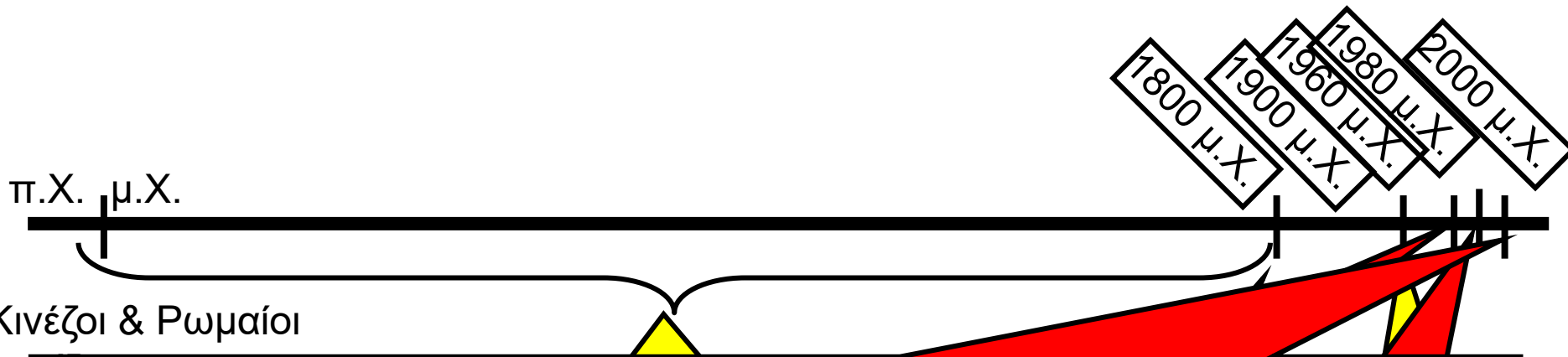


Γενετική στις Υδατοκαλλιέργειες





Γενετική στις Υδατοκαλλιέργειες



- Πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών εξετάζονται
- Σύγχρονα Γενετικά Προγράμματα Επιλογής
- Έντονη χρήση μοριακών μεθόδων
 - Μοριακοί σημαντές
 - Χαρτογράφηση γονιδιωμάτων
- Ανακάλυψη γονιδίων με συγκεκριμένη δράση
- Χαρτογράφηση γονιδίων με ποσοτική δράση (QTLs)
 - Micro-arrays
- ΕΠΟΧΗ ΤΩΝ «-OMICS»
- GENOMICS – PROTEOMICS – METABOLOMICS – TRANSCRIPTOMICS – PHYSIOMICS κ.λ.π.



Γενετική στις Υδατοκαλλιέργειες

- Πότε άρχισε;
- Πώς συνέχισε;
- Τι γίνεται τώρα;
- Τι έχει επιτευχθεί έως τώρα;
 - Και ας μην περιοριστούμε στα ψάρια...

Γενετική Βελτίωση στα γουρούνια



Χαρακτήρας	1959 (edition of the Hampshire Herdsman)	2005 (National Pork Board's Symbol III)	Γενετικό Κέρδος
Μέσο εμπορεύσιμο βάρος (lbs)	202	270	34%
Μέση ημερήσια αύξηση (lbs day ⁻¹)	1.20	1.73	44%
Μέσο μήκος σάρκας (inches)	29.65	32	8%
Μέσο πάχος λίπους (στην πλάτη (inches))	1.43	0.70	-51%
Μέση επιφάνεια φιλέτου (inches ²)	4.65	6.50	40%

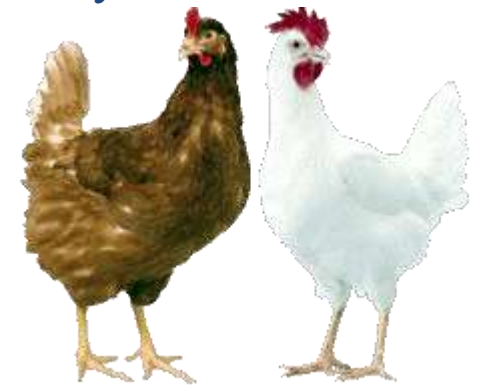
(Conatser, et al., 2000; Moeller et al., 2003; Leeds, T.D., 2005)



Γενετική Βελτίωση στα πουλερικά

Χαρακτήρας – Ετήσιος ρυθμός γενετικού κέρδους

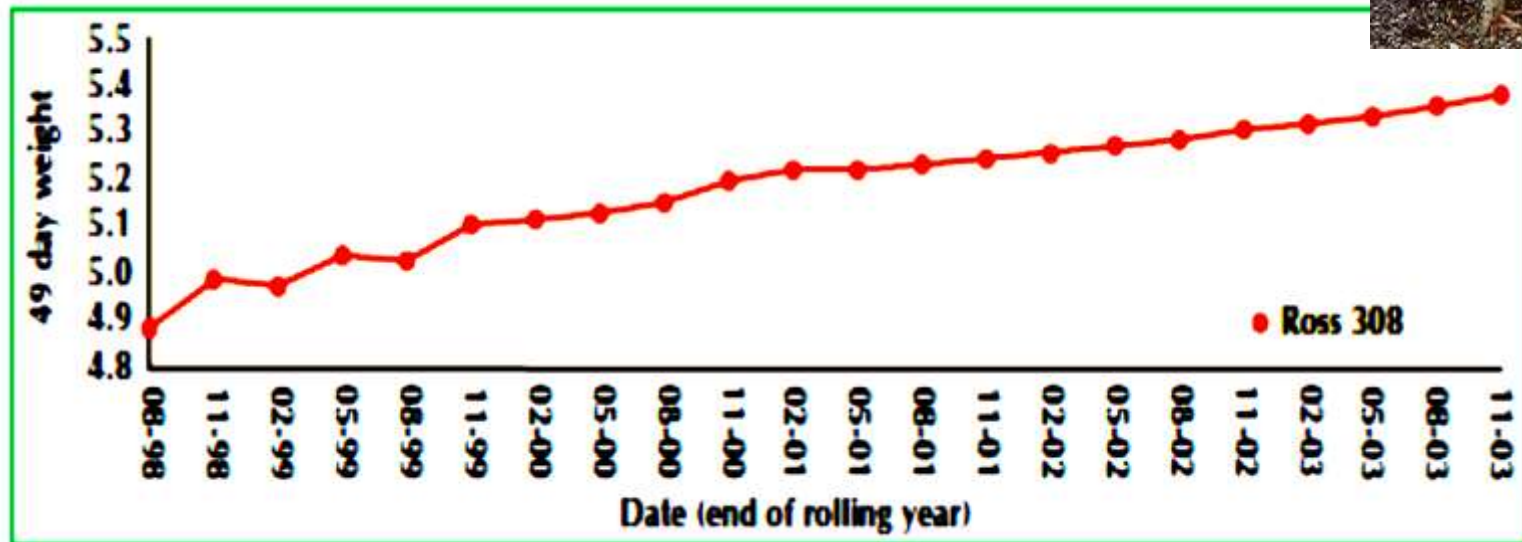
Βάρος (g)	+30
FCR στα 2.27kg	-0.03
Απόδοση Απεντερωμένου (%)	+0.43
Απόδοση κρέατος στήθους (%)	+0.44
Επιβίωση κοτόπουλου (κρεατοπαραγωγής) (%)	+0.17
Απόρριψη παρτίδας (%)	-0.13
Παραγωγή αυγών (%)	+0.75



*Adopted from McAdam, 2002, International Poultry
Production, Volume 12 Number 3, p. 8-9*



Γενετική Βελτίωση στα πουλερικά



Γενετική βελτίωση του χαρακτήρα:
«Βάρος στις 49 ημέρες»

~11% σε 5 χρόνια

*Adopted from McAdam, 2002, International Poultry
Production, Volume 12 Number 3, p. 8-9*

Γενετική Βελτίωση στα πουλερικά

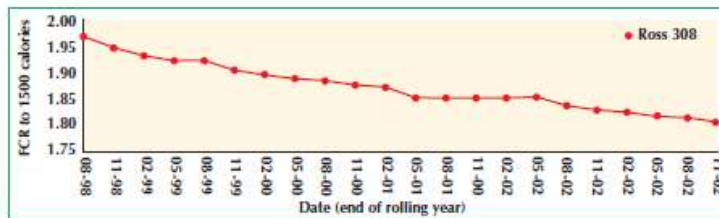


Fig. 2. Live production in the USA. Tray pack (5.0lb), adjusted FCR to 1,500 calories.

FCR στις 1500 θερμίδες

~8% in 5 years

Adopted from McAdam, 2002, International Poultry Production, Volume 12 Number 3, p. 8-9



Γενετική Βελτίωση στα πουλερικά

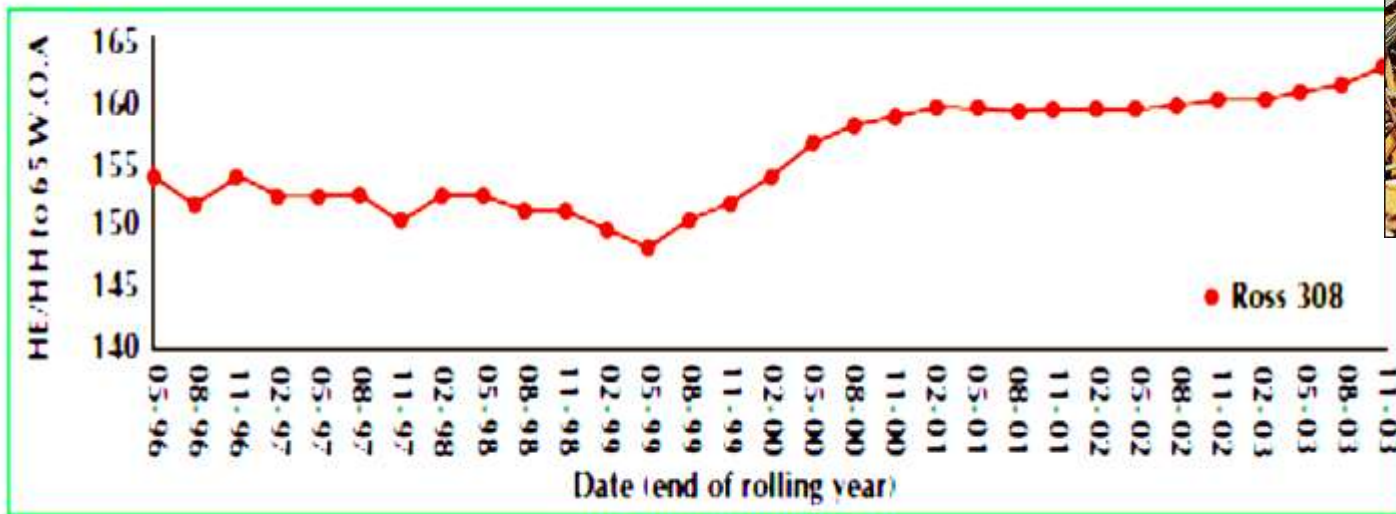


Fig. 3. Parent performance in the USA. Hatching eggs per hen housed to 65 weeks of age.

Εκκολαπτόμενα αυγά ανά θηλυκό στις 65 εβδομάδες παραμονής

~4% in 5 years = 1 egg per year

Adopted from McAdam, 2002, *International Poultry Production*, Volume 12 Number 3, p. 8-9

Σύγκριση της προόδου οφειλόμενη στη διατροφή και στη γενετική, στα πουλερικά

Strain/Diet	Body weight (g) (at 42 days)	FCR	Feed cost (US\$/lb body weight)
1991/1991	2134	2.04	0.421
1991/1957	1775	2.29	0.432
1957/1991	627	2.52	0.522
1957/1957	508	3.00	0.573

Συνάγεται ότι 80% οφείλεται στην γενετική και 20% οφείλεται στη διατροφή

(Adapted from Dudley-Cash, 1996 in Hardy, 1999)

Γενετική Βελτίωση

Γατόψαρο

- **Αύξηση: 12-18% (F_1) - 17-21% (F_2)**

Πέστροφα

- **Αύξηση : 10-20% /γενιά**
- **Ηλικία αναπαραγωγής: 69 ημέρες νωρίτερα σε 6 γενιές**

Salmon

- **αύξηση : 6.7 - 10.1% /γενιά**

Tilapia

- **αύξηση : 4.4% /έτος (25% σε 5 έτη)**



Γενετική βελτίωση

Table 2. Response to selection in growth rate

Species	Mean Body Weight	Gain per Generation (%)	No. of Generations	Reference
Coho salmon	250 gm	10.1	4	Hershberger et. al., 1990
Rainbow trout	3.3 gm	10.0	3	Kincaid et al., 1977
Rainbow trout	4.0 kg	13.0	2	Gjerde, 1986
Atlantic salmon	4.5 kg	14.4	1	Gjerde, 1986
Atlantic salmon	6.3 kg	14	6	Gjerde and Korsvoll, 1999
Channel catfish	450gm	14	4	Dunham, 1987
Channel catfish	67 gm	20	1	Bondari, 1983
Tilapia	100gm	15	5	Rye and Eknath, 1999
Rohu	400gm	17	2	Mahapatra et al., 2000
Shrimp	20 gm	4.4	1	Fjalestad et al., 1997
Shrimp	15 gm	10.7	1	Hetzel et al., 2000
Oysters	42 gm	9-12	1	Toro et al., 1996
	36 gm	9	2	Nell et al., 1999
	33 gm	9	1	



Δρόνος παραγωγής σολομού του Ατλαντικού (μήνες)

	1975	2000
Fresh water	16	8
Sea water (4 kg)	24	12
TOTAL	40	20

(Gjerde, Saragosa, 2001)



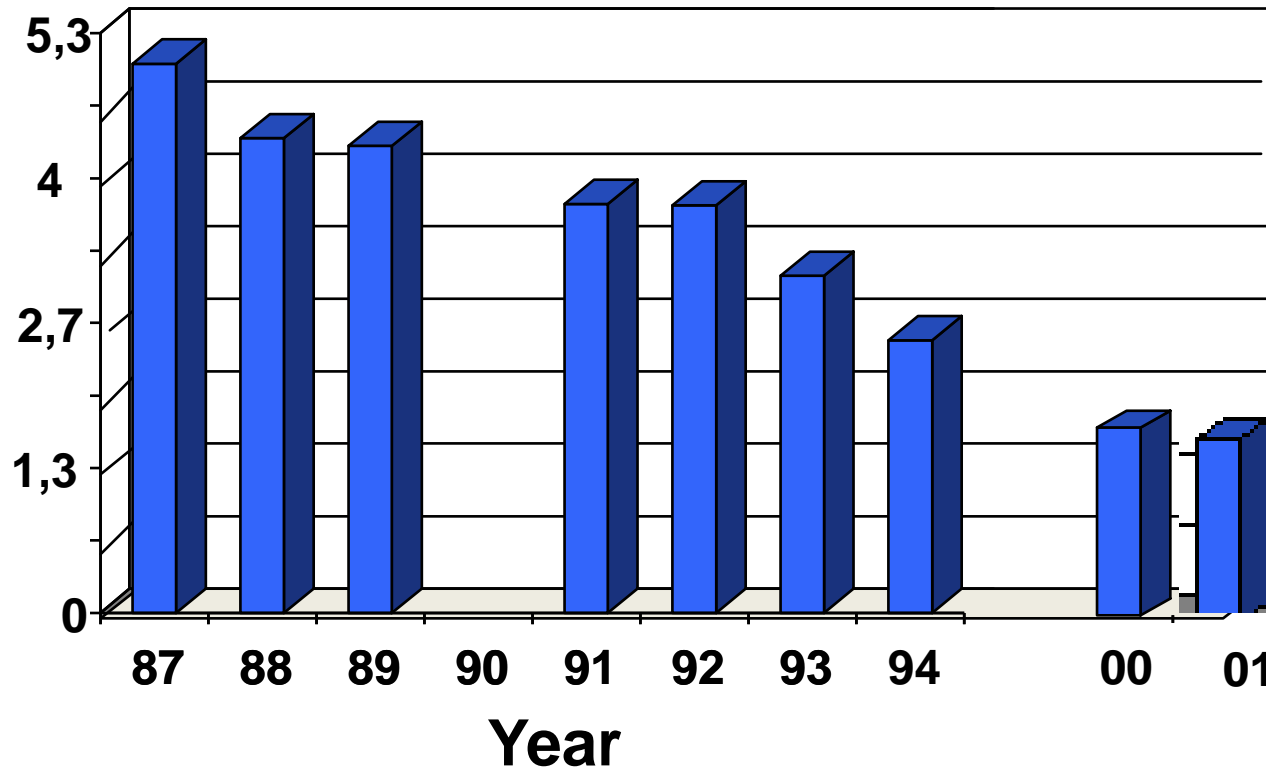
επιλεγμένος (5^η γενιά) vs. άγριο σολομό

	S - W, %
αύξηση	+113
Λήψη τροφής	+40
Αξιοποίηση πρωτεϊνών	+9
Αξιοποίηση ενέργειας	+14
Αξιοποίηση τροφής	+20

(Thodesen et al. 2001)

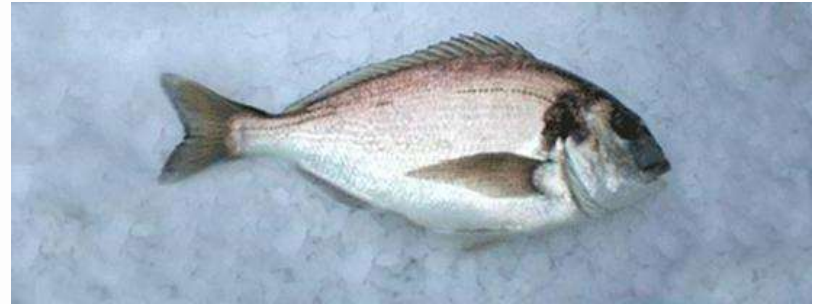
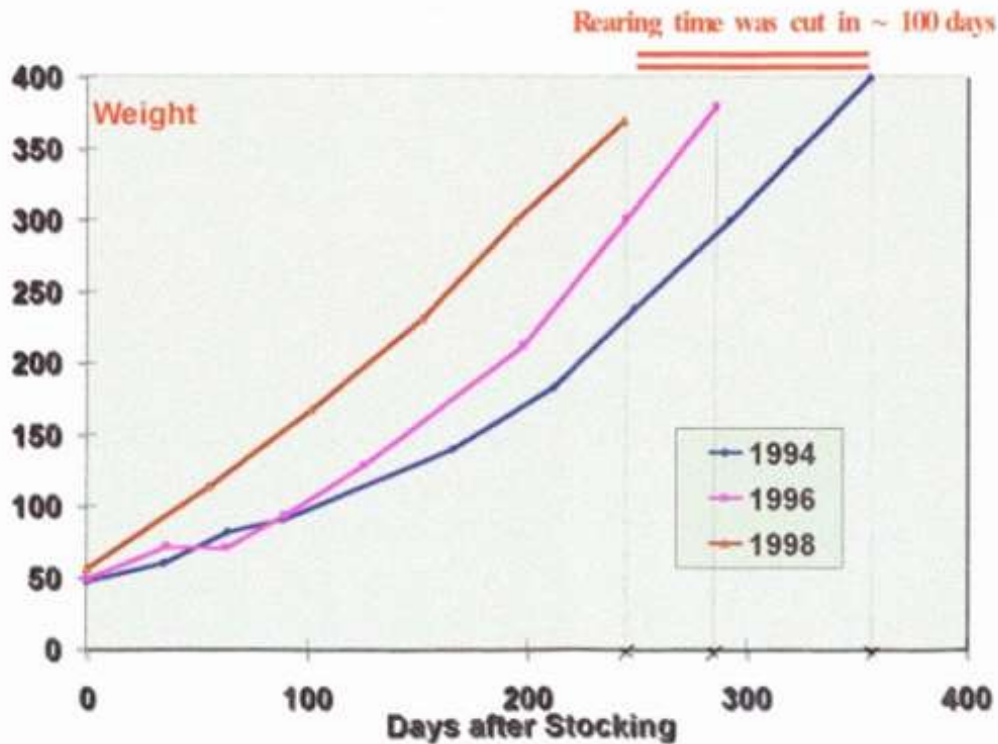
Κόστος Παραγωγής του Ατλαντικού σολομού (*Salmo salar*)

USD/kg



(Gjerde, Saragosa, 2001)

Genetic improvement over years (industrial level, "ARDAG")



250

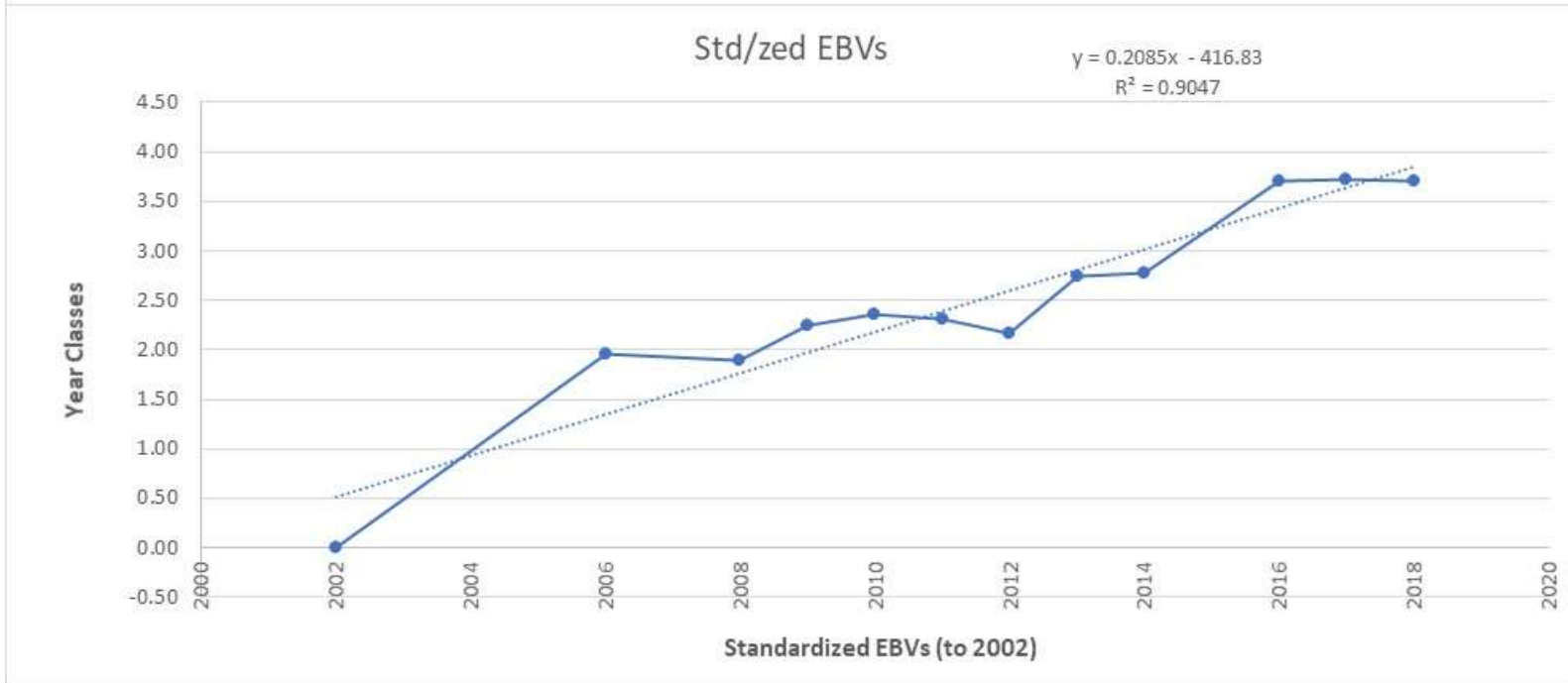
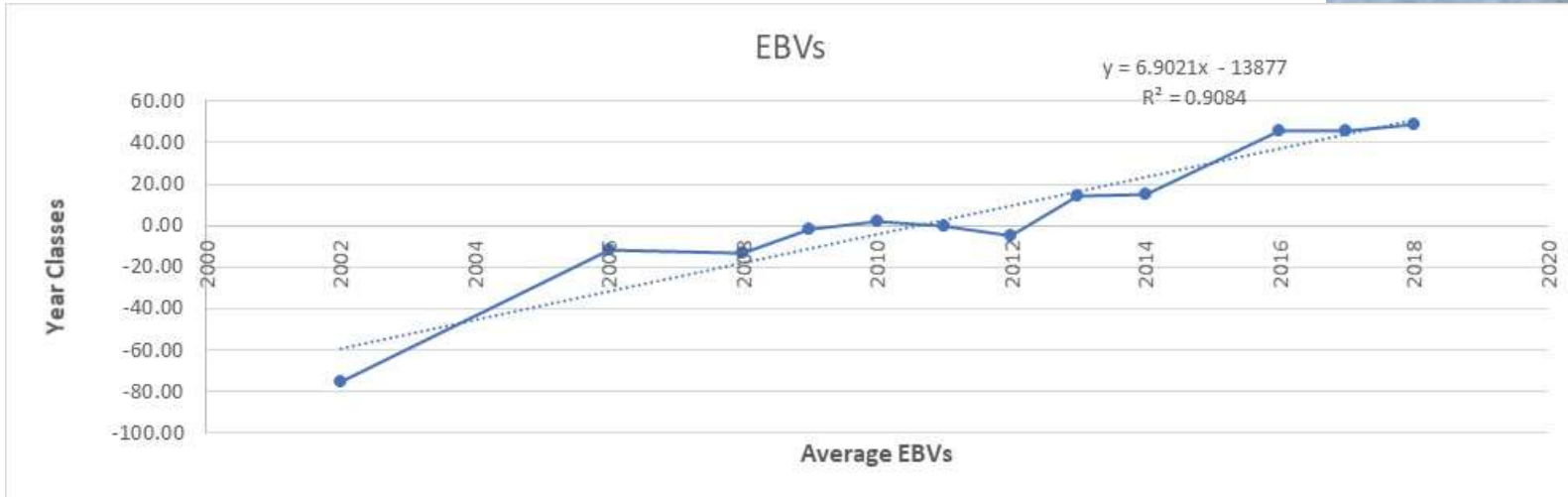
14%

290

20%

360

(courtesy of Dr. S. Gorshkov, NCM, Eilat, Israel)



Genetic Trend of a commercial Genetic Improvement Program



UNIVERSITY OF
PATRAS
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Γενετική στις Υδατοκαλλιέργειες
- πως έχουν επιτευχθεί τα προηγούμενα;

Με την κατανόηση της κληρονομικότητας και την εκμετάλλευση των διαφορών μεταξύ των ατόμων (όπως αναφέραμε στην αρχή)



Τι θα δούμε;

- ~~1. Τι είναι Ποσοτική γενετική~~
- ~~2. Πορεία της γενετικής στις υδατοκαλλιέργειες~~
3. Χαρακτήρες και μελέτη τους
4. Κληρονομησιμότητα
5. Στρατηγικές βελτίωσης
6. Αρχές & μέθοδοι επιλογής
7. Κληροδοτική Τιμή
8. Πρόβλεψη γενετικού κέρδους
9. Επιπτώσεις ομοειξίας
10. Εκτίμηση κληρονομησιμότητας – EBVs
11. Πως γίνεται η γενετική βελτίωση στην πράξη;
12. Μοριακοί σημαντές στην υδατοκαλλιέργεια
13. Γενετικές επιδράσεις σε φυσικούς πληθυσμούς



Click to edit Master title style

ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥΣ



Τύποι διαφορών (μεταξύ των ατόμων)

- Ποιοτικές
- Ποσοτικές



Ποιοτικές διαφορές

- Χωρίζουν τα άτομα σε διακριτές ομάδες π.χ.
 - Άτομα με μπλε και πράσινα μάτια
 - Άτομα με διαφορετικές ομάδες αίματος (ABO)
 - Άτομα με διαφορετικές ομάδες αίματος (Rhesus)
 - Άτομα με κανονικό χρωματισμό και αλφικοί



Ποσοτικές διαφορές

- Τα άτομα σχηματίζουν μια συνεχή σειρά από το ένα άκρο της κατανομής ενός χαρακτήρα στο άλλο, χωρίς να δημιουργούνται διακριτές ομάδες.
- Κλασσικά παραδείγματα:
 - Το σωματικό βάρος
 - Το ύψος
 - Το μέγεθος των ωαρίων
 - Ο αριθμός ωαρίων κάθε τσιπούρας



Ποσοτικές διαφορές



LIFE 8e, Figure 10.17



Χαρακτήρες

- Ποιοτικές Διαφορές = Ποιοτικοί χαρακτήρες
- Ποσοτικές Διαφορές = Ποσοτικοί χαρακτήρες

Ποια είναι η γενετική διαφορά τους;



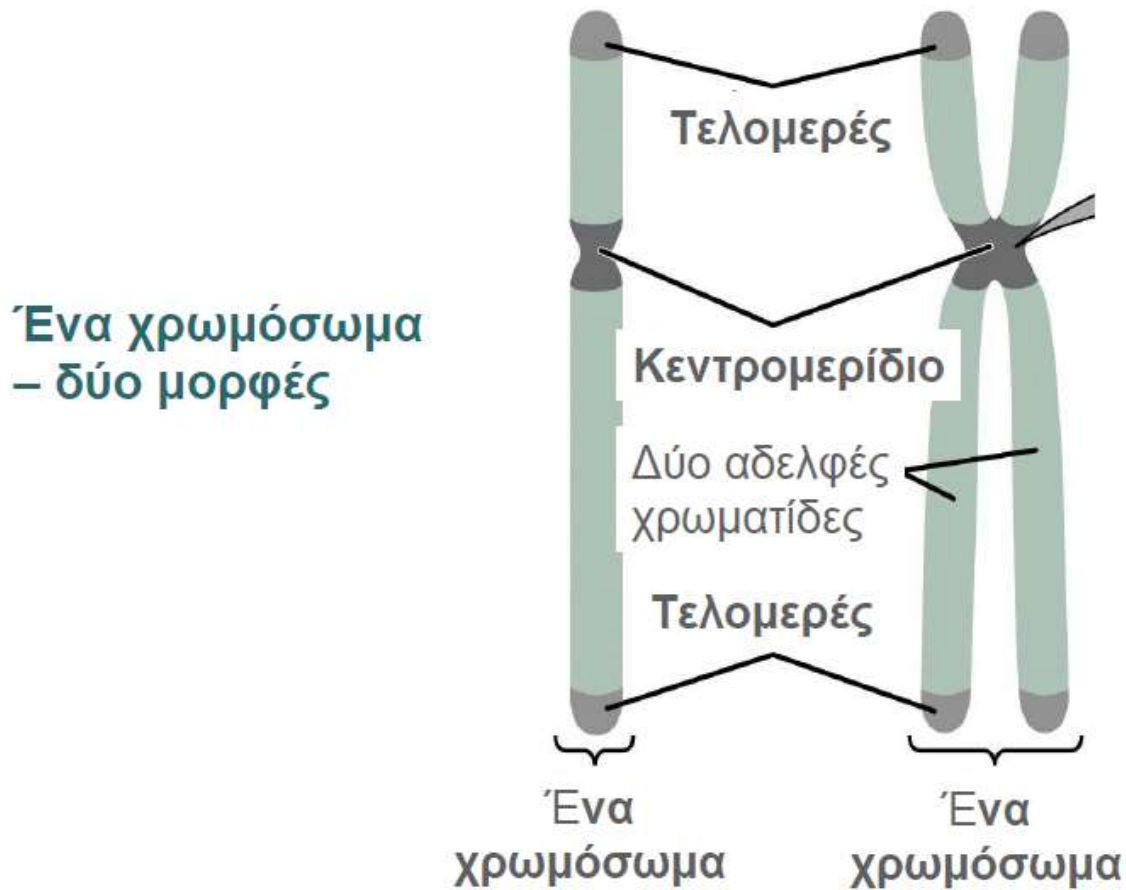
Βασικά στοιχεία γενετικής

- Που βρίσκεται η πληροφορία για αυτούς τους χαρακτήρες;
- Πως κληρονομούνται αυτοί οι χαρακτήρες;



Χρωμόσωμα – DNA

- Η γενετική πληροφορία είναι κωδικοποιημένη στο DNA το οποίο είναι οργανωμένο σε **χρωμοσώματα**

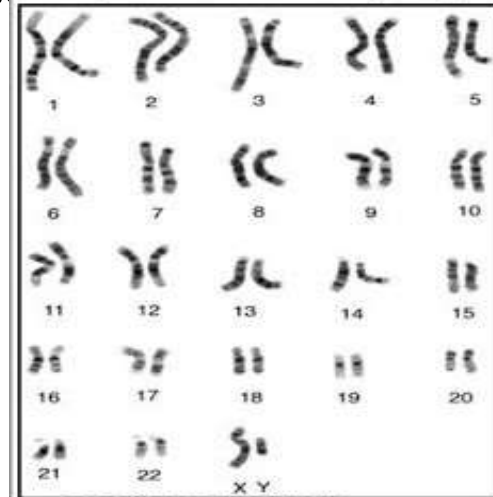




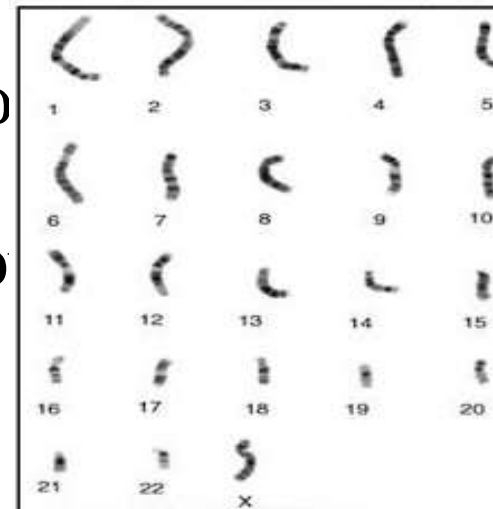
Διπλοειδής και απλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων

- **Ομόλογα χρωμοσώματα**: Στους διπλοειδεί οργανισμούς κάθε κύτταρο περιέχει δυο αντίγραφα από κάθε χρωμόσωμα (ένα από κάθε γονέα)
- **Διπλοειδής αριθμός ($2n$)**: το σύνολο των χρωμοσωμάτων του κυττάρου = 2 σειρές χρωμοσωμάτων
- **Απλοειδής αριθμός (n)**: το μισό του διπλοειδή αριθμού = σύνολο των ζευγών των χρωμοσωμάτων = 1 χρωμόσωμα από κάθε ζευγάρι ομόλογων = 1 σειρά χρωμοσωμάτων

Diploid Cells ($2n$)



Haploid Cells (n)



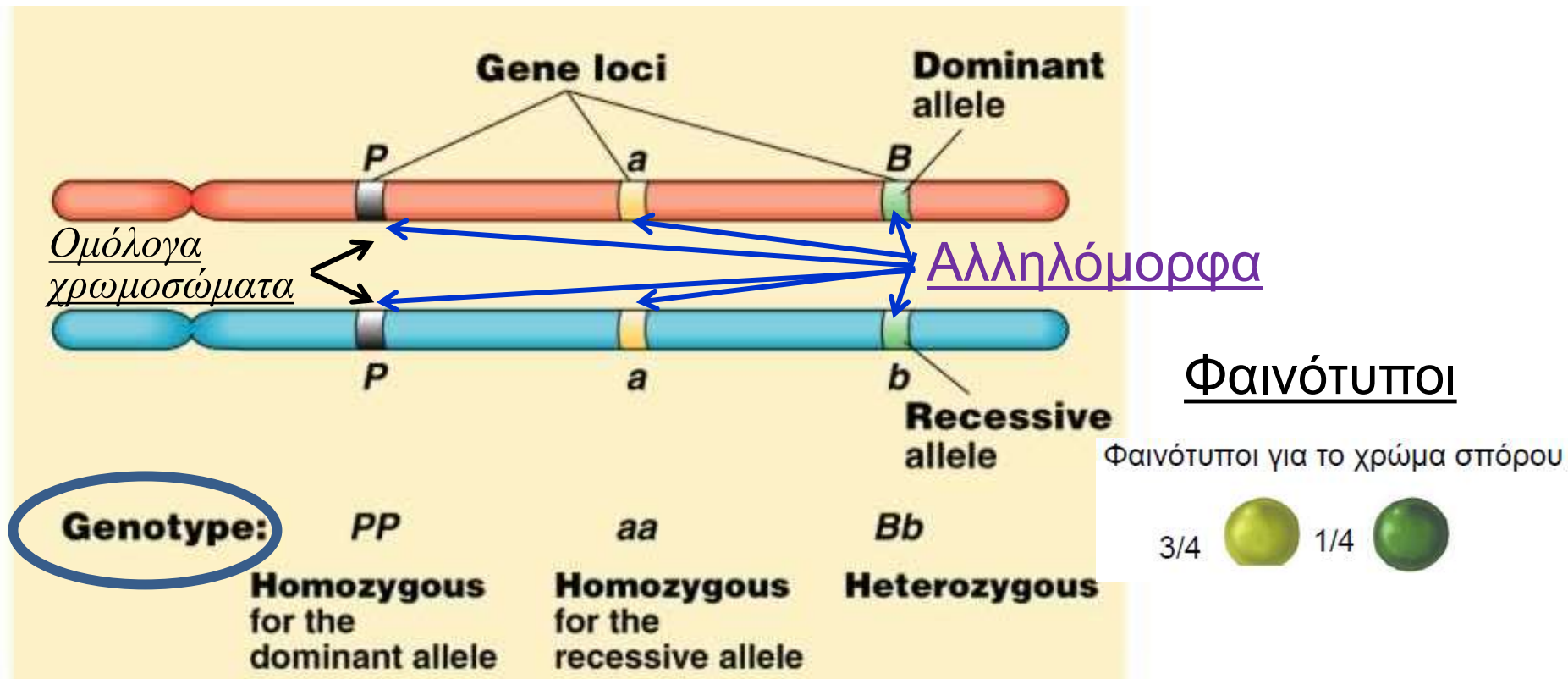


- Γονίδιο: μια μονάδα κληρονομικότητας, ένα τμήμα ακολουθίας του DNA που κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη
- Γονιδίωμα: όλα τα γονίδια ενός οργανισμού
- Αλληλόμορφα: δύο γονίδια που βρίσκονται στην ίδια θέση σε δύο ομόλογα χρωμοσώματα και αφορούν το ίδιο χαρακτηριστικό (μπορεί να είναι ταυτόσημα ή διαφορετικά) = διαφορετικές μορφές ενός γονιδίου
- Γενετικός τόπος: μια συγκεκριμένη φυσική θέση σε μια αλυσίδα του DNA του χρωμοσώματος, όπου μπορεί να εδρεύει ένα γονίδιο (αναφέρεται και σε DNA με μη καθορισμένη λειτουργία)



Ορολογία

- **Ομόζυγο άτομο:** έχει δύο όμοιες παραλλαγές (αλληλόμορφα) ενός γονιδίου για ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (ένα από κάθε γονέα)
- **Ετερόζυγο άτομο:** έχει δύο διαφορετικές παραλλαγές (αλληλόμορφα) ενός γονιδίου για ένα χαρακτηριστικό





Σύνοψη της Μίτωσης και Μείωσης

Γεγονός	Μίτωση	Μείωση
Διπλασιασμός DNA	Συμβαίνει στη μεσόφαση	Συμβαίνει στη μεσόφαση
Αριθμός διαιρέσεων	Μια	Δυο
Σύναψη ομόλογων χρωμοσωμάτων	Δεν συμβαίνει	Μοναδικό γεγονός στη μείωση. Κατά τη διάρκεια της πρόφασης I
Αριθμός αδελφών κυττάρων και γενετική σύνθεση	Δυο, κάθε ένα διπλοειδές ($2n$) και γενετικά πανομοιότυπο με το πατρικό	Τέσσερα, κάθε ένα απλοειδές (n) και γενετικά μη-πανομοιότυπο με το πατρικό
Ρόλος στο σώμα του ζώου	Επιτυγχάνει την αύξηση του πολυκύτταρου οργανισμού από το ζυγωτό. Παράγει κύτταρα για την αύξηση και την ανάπλαση ιστών.	Παράγει γαμέτες. Μειώνει τον αρχικό αριθμό χρωμοσωμάτων στο μισό



Επεκτάσεις των νόμων του Mendel

- • Ατελής κυριαρχία και συγκυριαρχία
- • Πολλαπλά αλληλόμορφα
- • Αβιώσιμα γονίδια (θνησιγόνα)
- • Πλειοτροπισμός: ένα γονίδιο επηρεάζει πολλούς χαρακτήρες
- • Αλληλεπίδραση γονιδίων (π.χ. Επίσταση)
- • Φυλοσύνδετη κληρονομικότητα
- • **Σύνδεση ανάμεσα σε γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα**
- • Εξωπυρηνική κληρονομικότητα (ΜΗ-Μεντελική)
- • Περιβαλλοντικές επιδράσεις
- • Πολυπαραγοντική κληρονομικότητα



Χαρακτήρες

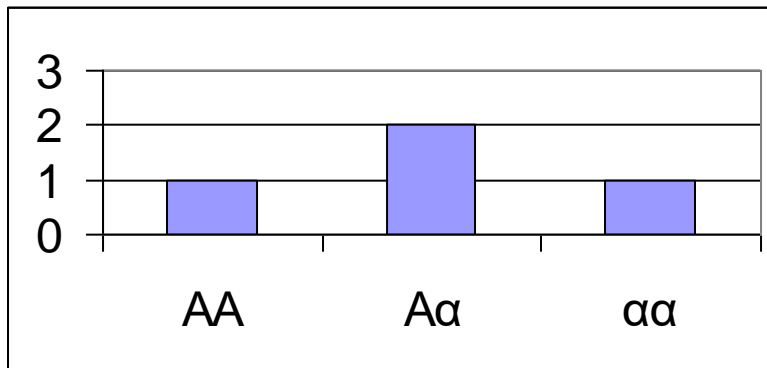
- Οι γνωστές αναλογίες του Mendel μπορούν να αναγνωριστούν **μόνο** όταν ένα γονίδιο παράγει διακριτές ομάδες (**ποιοτικές διαφορές**), μέσω των αλληλομόρφων του.
- Οι **ποσοτικές διαφορές** δημιουργούνται από γονίδια των οποίων το αποτέλεσμα είναι μικρό σε σχέση με τη διακύμανση που προκαλούν άλλοι παράγοντες.
- Επιπλέον, οι **ποσοτικές διαφορές** ελέγχονται (τις περισσότερες φορές) από πολλά γονίδια.

Σύγκριση ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτήρων

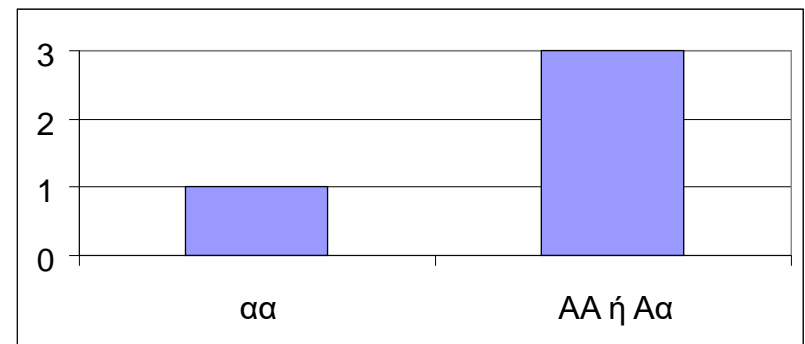
	Ποιοτικοί	Ποσοτικοί
Κατανομή	Διακριτή	Συνεχής
Σχέση γονοτύπου-φαινοτύπου	Στενή	Ατελής
Γενετικοί τόποι	Λίγοι	Πολλοί
Περιβαλλοντικές επιδράσεις	Συνήθως μικρές	Συχνά μεγάλες
Παράμετροι για την περιγραφή	p, q (συχνότητες)	Μέση τιμή, διακύμανση, h^2 , V_A
Παραδείγματα	Πράσινα-μπλέ μάτια Ηλεκτροφορητικά αλληλόμορφα ενός γενετικού τόπου Διαφορές στην αλληλουχία σε ένα γεν. τόπο	Βάρος, ύψος, μήκος, αναπαραγωγική ικανότητα (ως σύνολο ή και ως επιμέρους χαρακτήρες π.χ. το μέγεθος ωοτοκίας, το μέγεθος των ωαρίων κ.λ.π.)

Ποιοτικοί Χαρακτήρες

Πλήρης κυριαρχία



Ατελής κυριαρχία

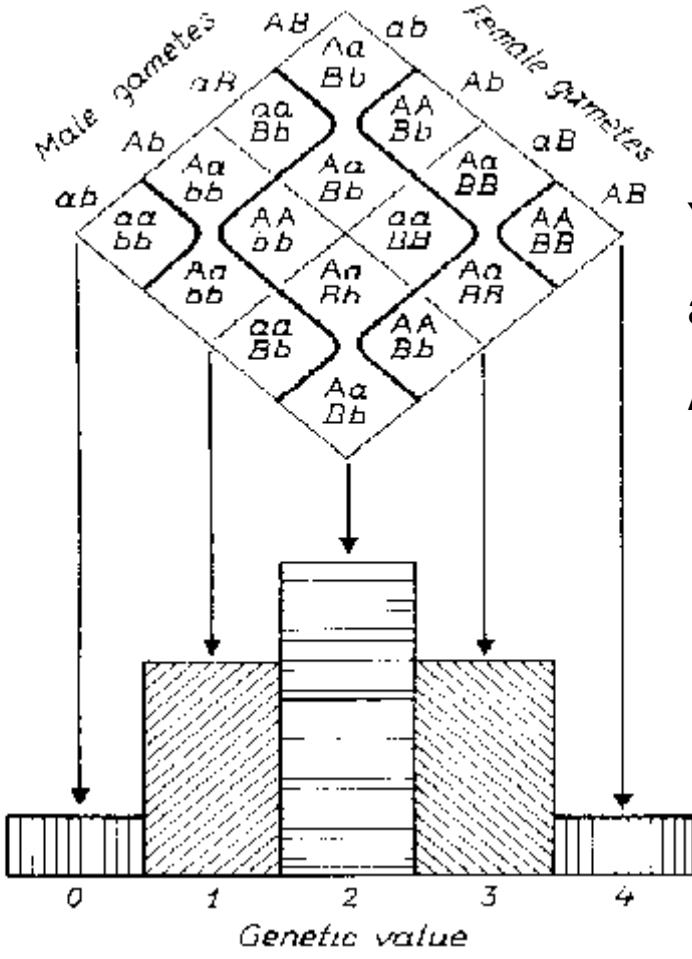


Μετράμε συχνότητες



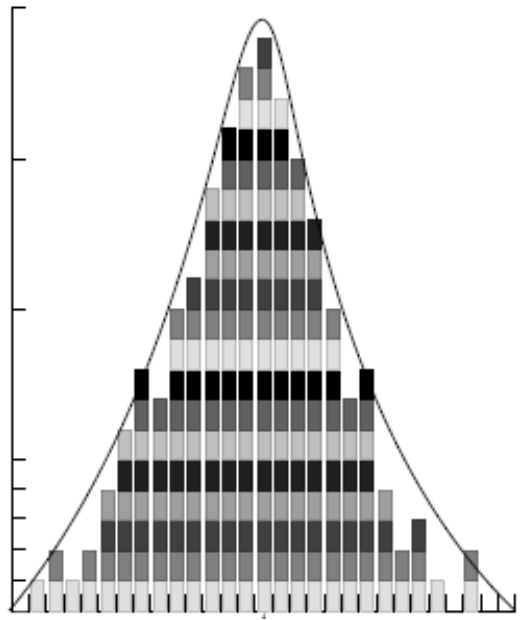
Ποσοτικοί Χαρακτήρες

2 γονίδια με προσθετική δράση



Υποθέτουμε:
a,b=0
A,B=1

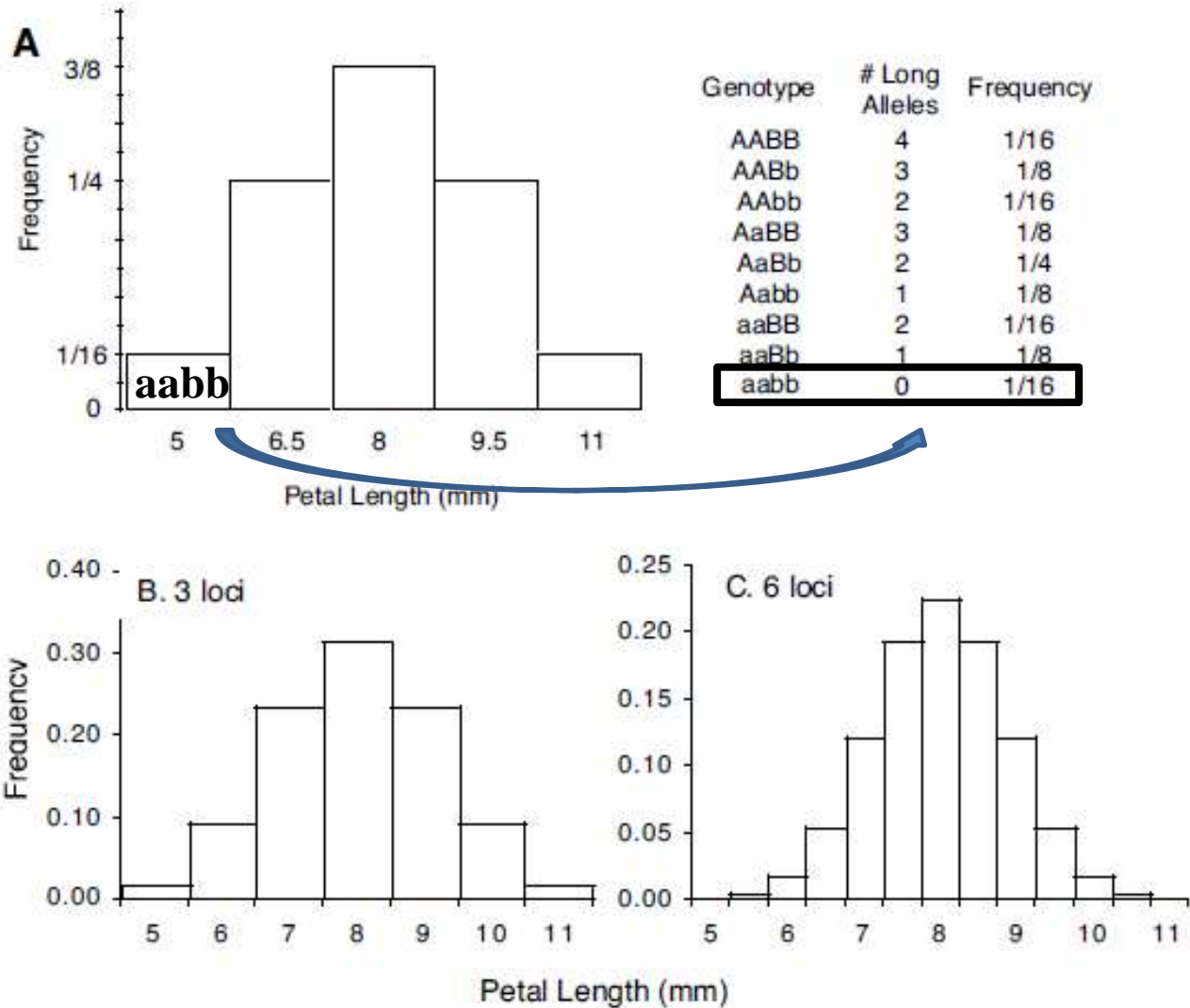
Πολλά γονίδια με προσθετική δράση





Ποσοτικοί Χαρακτήρες

Figure 4.3. A hypothetical example (based on the real petal length data in Fig. 4.1) showing genotypic values (along the X-axis). The three graphs show how increasing numbers of loci affecting a trait makes the trait distribution more continuous in the absence of environmental deviations. In A, there are two loci with two alleles each, which is the simplest case for a trait affected by more than one locus. The loci act additively (no dominance or epistasis), so each capital letter allele adds 1.5 mm of petal length over the aabb genotype, which has 5 mm petals. The table shows the frequency of each genotype under HWE and with $p=q=0.5$ for both loci, and the graph shows the phenotypic distribution that results. B and C show the phenotypic distribution with 3 and 6 loci; in these cases

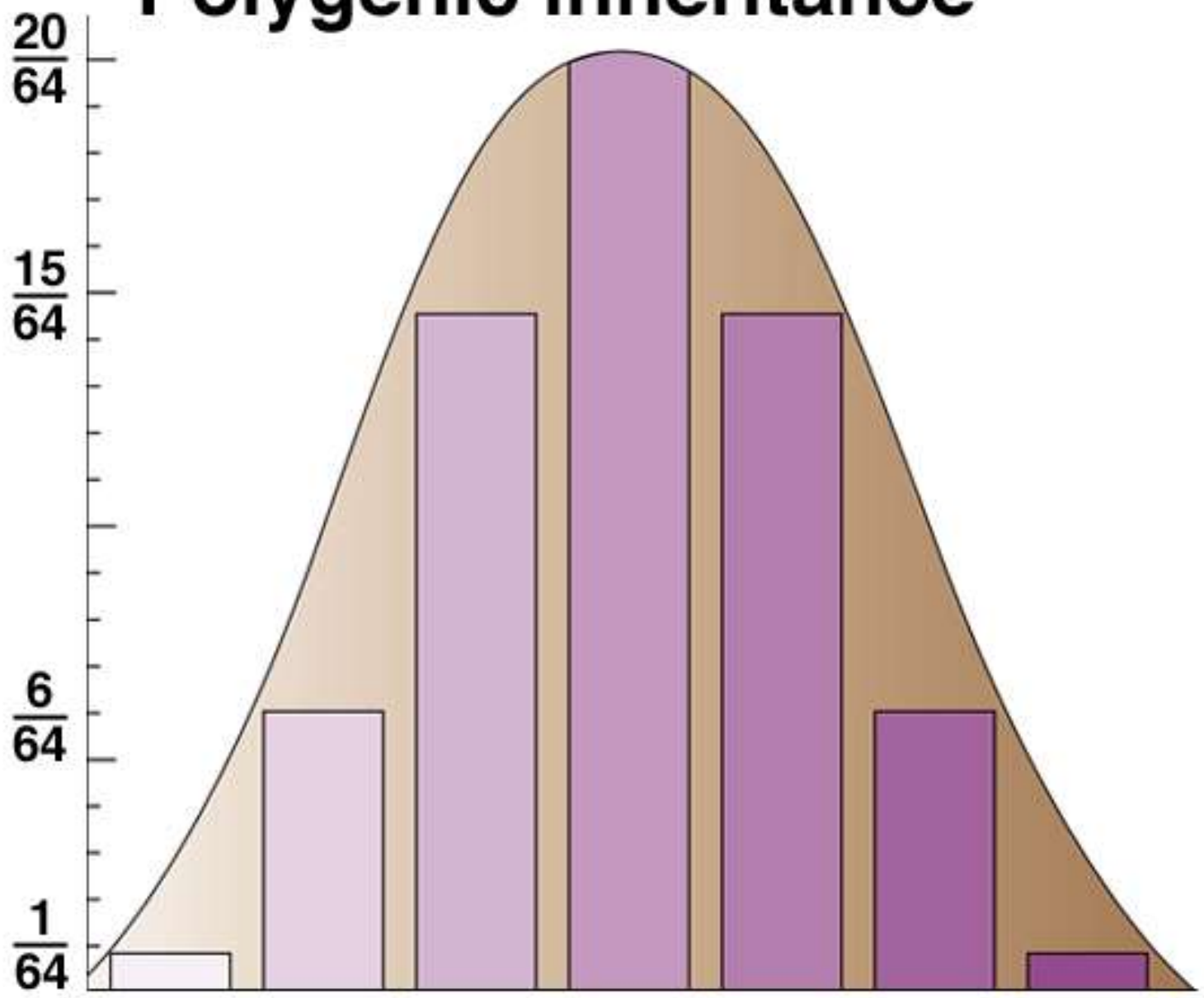




Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Polygenic inheritance

Proportion of Population





Κατανομή ποσοτικών χαρακτήρων

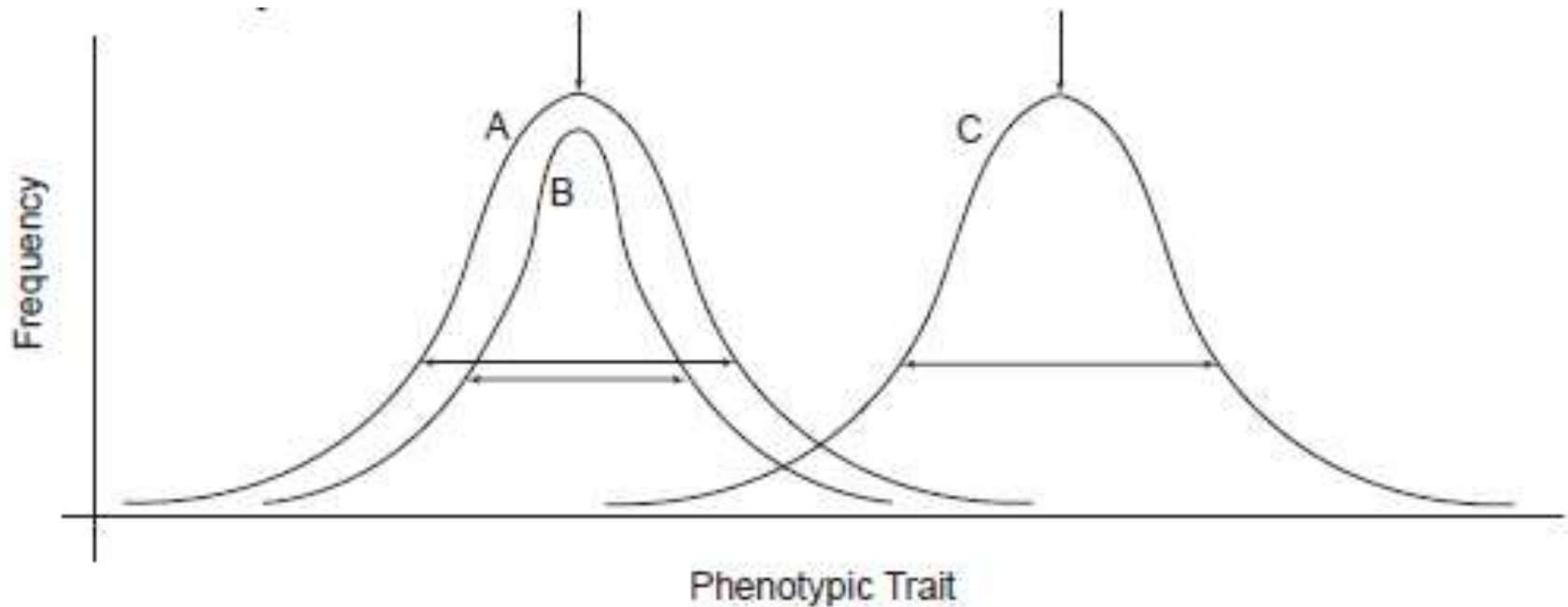
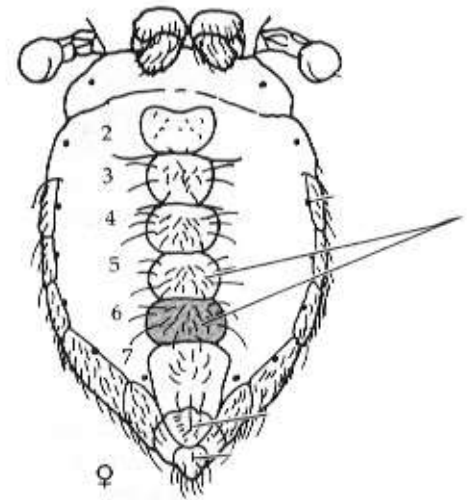
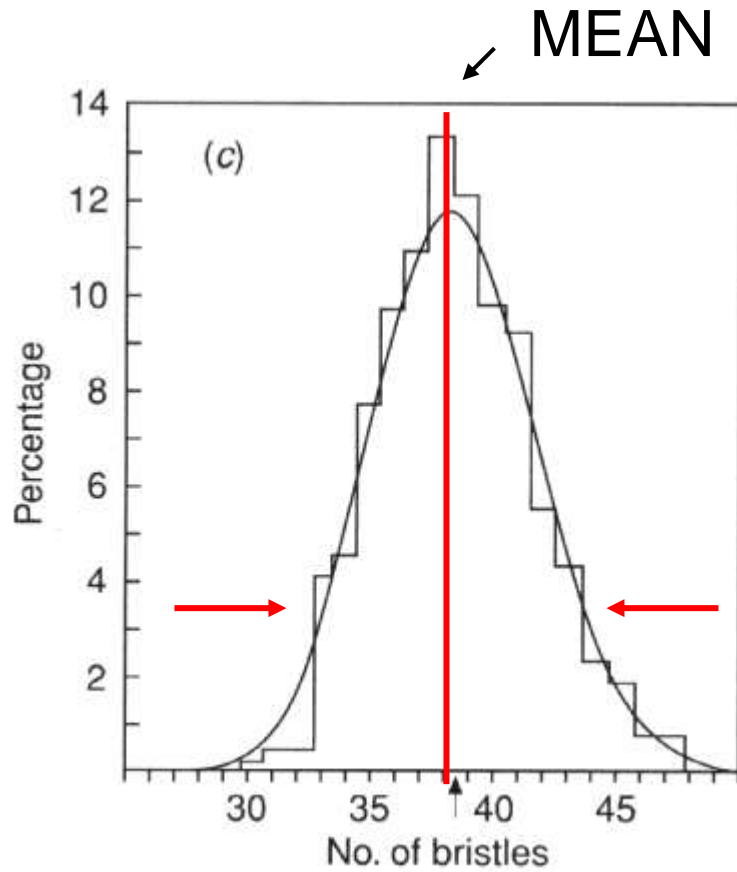


Figure 4.2. Three normal distributions (idealized versions of real data such as that in Fig. 4.1) illustrating mean and variance. The mean (single-headed arrows) is just the average phenotype in the population, and the variance (double-headed arrows) is a measure of how variable the population is; in other words, the width of the distribution. Populations A and B have the same mean but different variances, while A and C have different means but the same variances. See Appendix 1 for the formulae for mean and variance.

CHARACTERIZING A NORMAL DISTRIBUTION



VARIANCE

Mean and **variance** are two quantities that describe a normal distribution.

USEFUL PARAMETERS FOR QUANTITATIVE GENETICS

- **Mean:** The sum of all measurements divided by the number of measurements

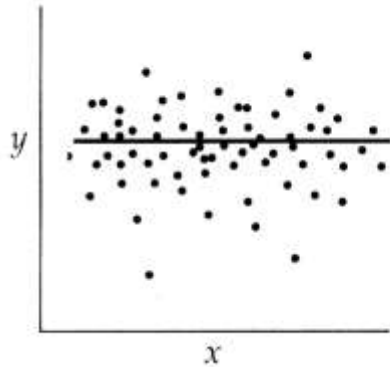
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} = \frac{1}{N} \sum x_i$$

- **Variance:** The average squared deviation of the observations from the mean

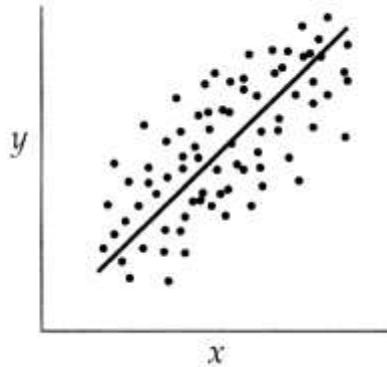
$$\text{Variance} = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N} = \frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

CORRELATIONS AMONG CHARACTERS OR RELATIVES

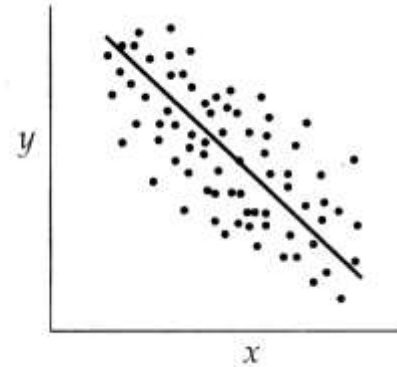
0



+



-



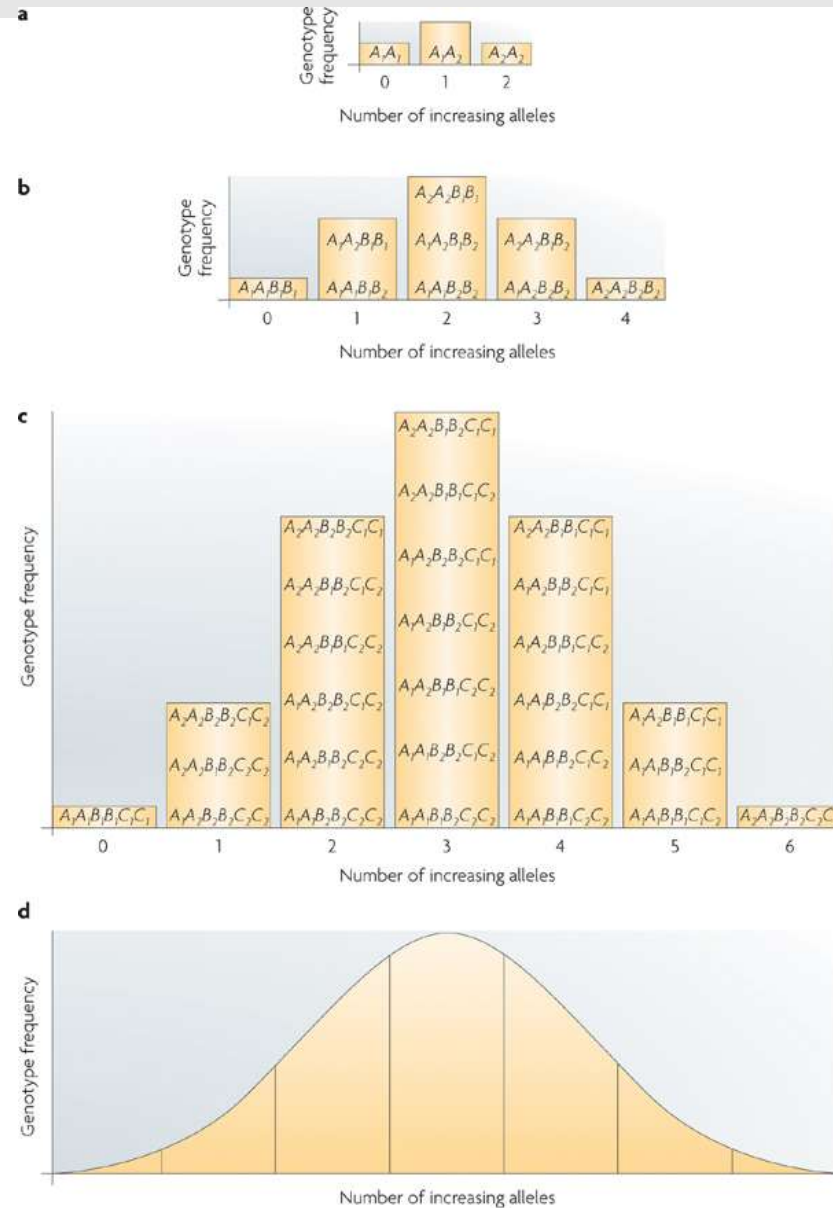
Covariance:

$$Cov(x, y) = \frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y})$$



Χαρακτήρες (οικονομικά σημαντικοί ή όχι)

Οι χαρακτήρες που εμφανίζουν
συνεχή κατανομή είναι αποτέλεσμα
της δράσης πολλών γονιδίων →
ΠΟΣΟΤΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ





Το ερώτημα

Κατά πόσο οι ποσοτικοί χαρακτήρες ελέγχονται από γενετικούς παράγοντες;





Το ερώτημα

Κατά πόσο οι ποσοτικοί χαρακτήρες ελέγχονται από γενετικούς παράγοντες;

Γιατί μας ενδιαφέρει να το απαντήσουμε;

Γιατί η φυσική επιλογή απαιτεί κληρονομήσιμη ποικιλομορφία για κάθε χαρακτήρα



ΕΞΕΛΙΞΗ

Γιατί η τεχνητή επιλογή απαιτεί κληρονομήσιμη ποικιλομορφία για κάθε χαρακτήρα



**ΒΕΛΤΙΩΣΗ
(ΓΕΝΕΤΙΚΗ)**



Ερωτήματα

- Πως μετρείται η κληρονομήσιμη ποικιλομορφία;
- Πως μπορούμε να προβλέψουμε την αλλαγή (φυσική ή τεχνητή) στους πληθυσμούς;

Με τα μεγέθη των γενετικών παραμέτρων

1. Κληρονομησιμότητα (h^2)
2. Γενετικές και φαινοτυπικές συσχετίσεις (r_g και r_p)

Αυτά τα μεγέθη μας δίνουν πληροφορίες για την γενετική αρχιτεκτονική του χαρακτήρα → το γενετικό υπόβαθρο και πως συσχετίζεται με άλλους χαρακτήρες



Τι θα δούμε;

- ~~1. Τι είναι Ποσοτική γενετική~~
- ~~2. Πορεία της γενετικής στις υδατοκαλλιέργειες~~
- ~~3. Χαρακτήρες και μελέτη τους~~
- 4. Κληρονομησιμότητα**
5. Στρατηγικές βελτίωσης
6. Αρχές & μέθοδοι επιλογής
7. Κληροδοτική Τιμή
8. Εκτίμηση κληρονομησιμότητας – EBVs
9. Πρόβλεψη γενετικού κέρδους
10. Επιπτώσεις ομομιξίας
11. Πως γίνεται η γενετική βελτίωση στην πράξη;
12. Μοριακοί σημαντές στην υδατοκαλλιέργεια
13. Γενετικές επιδράσεις σε φυσικούς πληθυσμούς



Click to edit Master title style

ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ



Ποσοτικές διαφορές = Φαινοτυπική διακύμανση



LIFE 8e, Figure 10.17



Η ΒΑΣΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ

- Σκοπός: Γενετική αλλαγή του πληθυσμού
↓ για αυτό
- Δεν μας ενδιαφέρουν μόνο οι επιθυμητοί φαινότυποι ΑΛΛΑ κυρίως οι επιθυμητοί γονότυποι.
↓ γιατί
- Ο γονότυπος ενός ατόμου παρέχει τη γενετική βάση για τον φαινότυπό του.
↓ δηλαδή
- Φαινότυπος = Γονότυπος + Περιβάλλον
(ή μαθηματικά)



Συνιστώσες της Φαινοτυπική τιμής ενός ατόμου

- $P = G + E$, όπου
 - $G =$ γονοτυπική τιμή (genotypic value) και
 - $E =$ περιβαλλοντική απόκλιση
- $G = A + D + I$, όπου
 - $A =$ προσθετική δράση των γονιδίων
 - $D =$ κυριαρχία (σχέση αλληλομόρφων) και
 - $I =$ επίσταση (αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών γονιδίων).



Συνιστώσες της Φαινοτυπικής Τιμής ενός ατόμου

Άρα

- $P = A + D + I + E$, όπου
 - A = προσθετική δράση των γονιδίων
 - D = κυριαρχία (σχέση αλληλομόρφων)
 - I = επίσταση (αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών γονιδίων) και
 - E = περιβαλλοντική απόκλιση



Η ΒΑΣΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ

$$P = G + E + 2(G \times E)$$

$$V(P) = V(G) + V(E) + 2V(G \times E)$$

Αυτό που βλέπουμε (π.χ. το βάρος στο εμπορεύσιμο μέγεθος)

Αυτό που δεν βλέπουμε αλλά θέλουμε να ελέγξουμε και να αλλάξουμε.
Η δουλειά του ΓΕΝΕΤΙΣΤΗ

Αλληλεπίδραση γονοτύπου-περιβάλλοντος

Αυτό που οι ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό.
ΟΤΙΔΗΠΟΤΕ έχει γίνει μέχρι τώρα στις εταιρεία αφορά το (E) και το V(E). π.χ.
.επίδραση θερμοκρασίας στο φύλο?
.καλύτερη χρήση τροφής (feeding)?
.καλύτερη ποιότητα τροφής (nutrition)?
.καλύτερες συνθήκες εκτροφής? κλπ.



Συνιστώσες της Φαινοτυπικής Διακύμανσης ενός πληθυσμού

$$V_P = V_G + V_E$$

- Η συνολική *φαινοτυπική* διακύμανση ενός χαρακτήρα (V_P) είναι συνάρτηση της:
- **Γενετικής διακύμανσης** (V_G)– η διακύμανση μεταξύ των μέσων φαινοτύπων των διαφορετικών γονοτύπων
- **Environmental variance** (V_E)– η διακύμανση μεταξύ των φαινοτύπων που εκφράζονται ως επαναλήψεις του ίδιου γονότυπου



- Οι διαφορές μεταξύ μονοζυγωτικών διδύμων οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.



Κληρονομησιμότητα υπό την ευρεία έννοια

$$V_P = V_G + V_E$$

- Η συνολική *φαινοτυπική* διακύμανση ενός χαρακτήρα (V_P) είναι συνάρτηση της:
- **Γενετικής διακύμανσης** (V_G)– η διακύμανση μεταξύ των μέσων φαινοτύπων των διαφορετικών γονοτύπων
- **Environmental variance** (V_E)– η διακύμανση μεταξύ των φαινοτύπων που εκφράζονται ως επαναλήψεις του ίδιου γονότυπου



- Οι διαφορές μεταξύ μονοζυγωτικών διδύμων οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες.



Περιβαλλοντική διακύμανση μεταξύ καθαρών σειρών

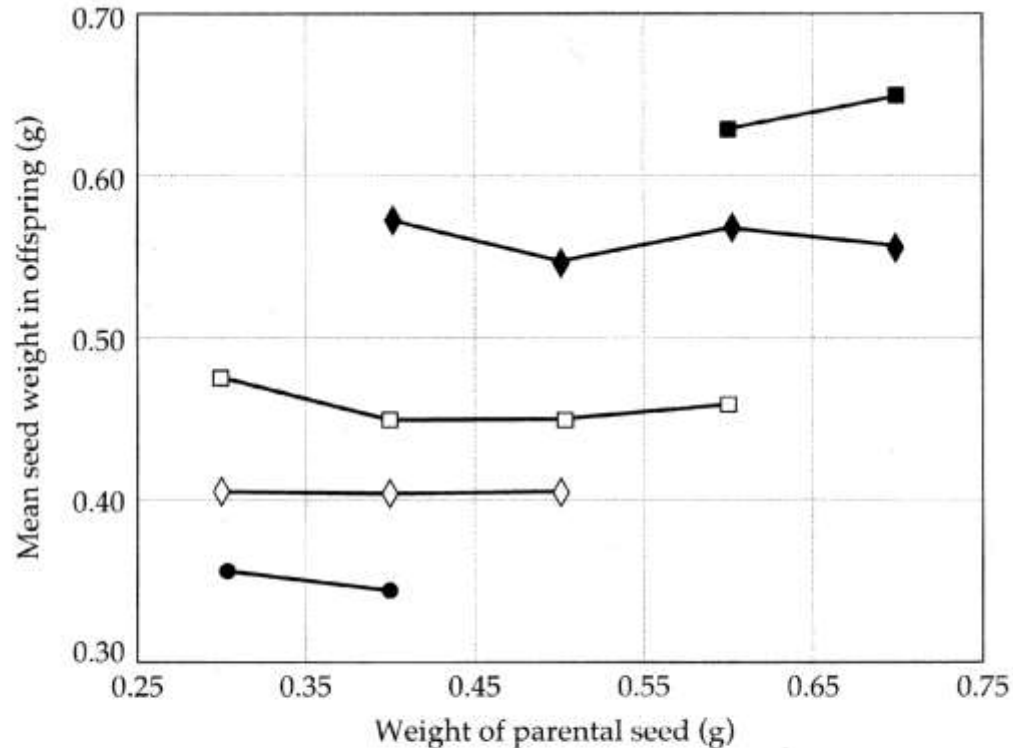


Figure 1.4 Mean offspring seed size as a function of parental seed size for some of Johannsen's pure lines. The data for the different lines are denoted by different symbols. If there is a heritable component to seed weight within a pure line, a line with positive slope is expected — larger parents should yield larger offspring. However, within each line, mean offspring size is essentially independent of the parental phenotype. (Data from Johannsen 1903.)



ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

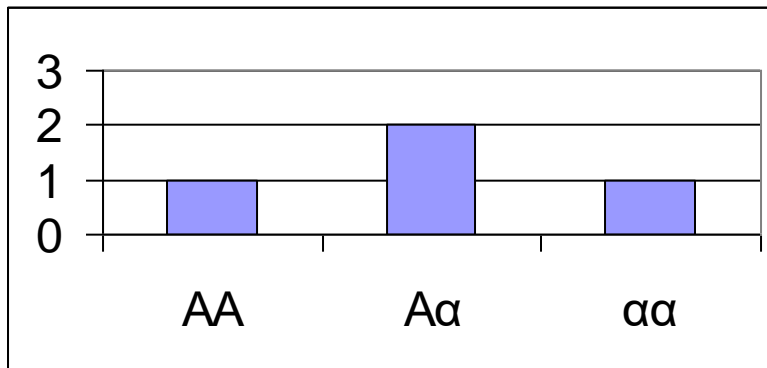
$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

- Η συνολική *γενετική* διακύμανση ενός χαρακτήρα (V_G) είναι συνάρτηση της:
- Προσθετικής Γενετικής διακύμανσης (V_A) – διακύμανση εξαιτίας της προσθετικής δράσης των αλληλομόρφων (**Additive genetic variation**)
- Κυριαρχικής Γενετικής διακύμανσης (V_D) – διακύμανση εξαιτίας της σχέσης κυριαρχίας των αλληλομόρφων (**Dominance genetic variation**)
- Κυριαρχικής Γενετικής διακύμανσης (V_I) – διακύμανση εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των γονιδίων (**Epistatic genetic variation**)

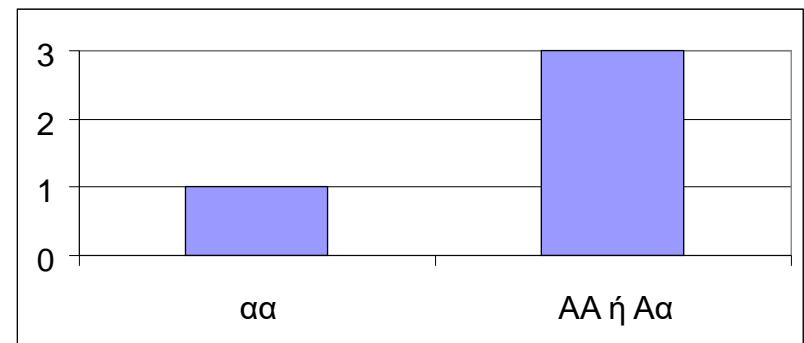


Ξαναθυμίζουμε

Πλήρης κυριαρχία



Ατελής κυριαρχία



Μετράμε συχνότητες

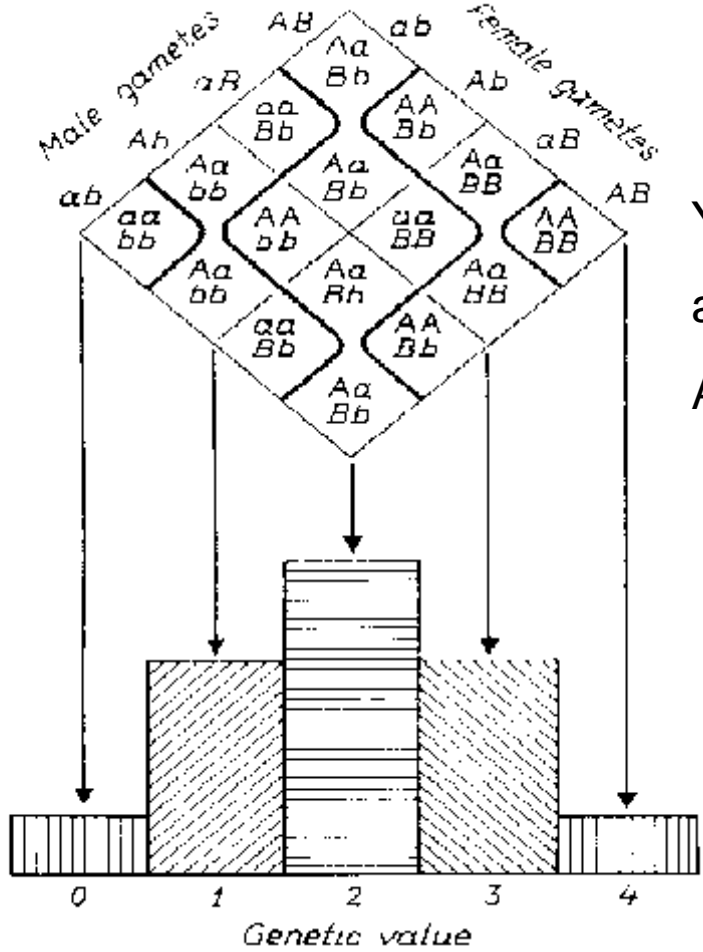


Ποσοτικοί Χαρακτήρες

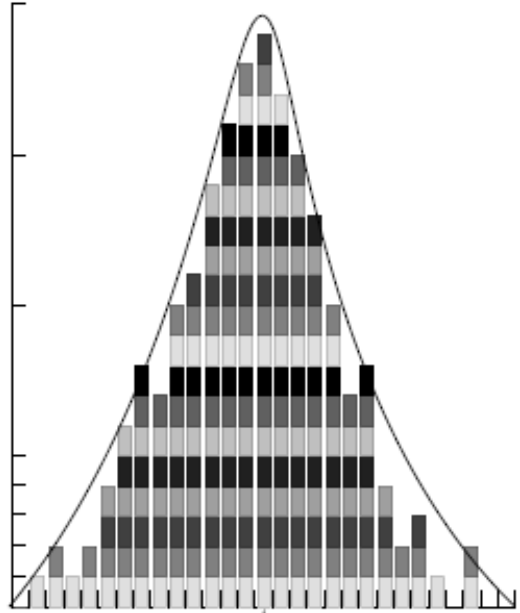
Ξαναθυμίζουμε

2 γονίδια με προσθετική δράση

Πολλά γονίδια με προσθετική δράση



Υποθέτουμε:
a,b=0
A,B=1





ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΤΙΚΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

- Η διακύμανση κυριαρχίας οφείλεται σε αποκλίσεις κυριαρχίας, οι οποίες περιγράφουν τον βαθμό στον οποίο οι ετεροζυγώτες δεν είναι ακριβώς ενδιάμεσοι μεταξύ των ομοζυγώτων.
- Η προσθετική γενετική διακύμανση είναι υπεύθυνη για την ομοιότητα μεταξύ γονέων και απογόνων.
- Η προσθετική γενετική διακύμανση είναι η βάση για την απόκριση στην επιλογή.



Συνιστώσες της Φαινοτυπικής Διακύμανσης ενός πληθυσμού

Με ανάλογο τρόπο τα ενώνουμε:

- $V_P = V_G + V_E = V_A + V_D + V_I + V_E$, όπου
 - V_A = προσθετική διακύμανση (η μόνη κληρονομήσιμη)
 - V_D = κυριαρχική διακύμανση
 - V_I = επιστατική διακύμανση
 - V_E = περιβαλλοντική διακύμανση



Κληρονομησιμότητα υπό την ευρεία έννοια

$$h^2 = \frac{V_G}{V_P}$$

- *Κληρονομησιμότητα* είναι το ποσοστό της φαινοτυπικής διακύμανσης που οφείλεται συνολικά στην δράση των γονιδίων
- Όσο πιο κληρονομήσιμος είναι ένας χαρακτήρας τόσο πιο πολλή από την παρατηρούμενη διακύμανση είναι γενετική παρά περιβαλλοντική



Κληρονομησιμότητα υπό την στενή έννοια

- Η **Κληρονομησιμότητα (heritability) (h^2)** ενός χαρακτήρα είναι μια μέτρηση του βαθμού ομοιότητας μεταξύ συγγενών.

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

- *Κληρονομησιμότητα* είναι το ποσοστό της φαινοτυπικής διακύμανσης που οφείλεται στην προσθετική δράση των γονιδίων
- Όσο πιο κληρονομήσιμος είναι ένας χαρακτήρας τόσο πιο πολλή από την παρατηρούμενη διακύμανση είναι γενετική παρά περιβαλλοντική



$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} \qquad h^2 = \frac{V_G}{V_P}$$

- *Η κληρονομησιμότητα κυμαίνεται από 0-1.*

(Χαρακτηριστικά χωρίς γενετική διακύμανση έχουν κληρονομησιμότητα 0)



$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

- Η κληρονομησιμότητα κυμαίνεται από 0-1.
- $h^2 = 0.1$ σημαίνει ότι 10% της παρατηρούμενης φαινοτυπικής διακύμανσης οφείλεται σε προσθετικούς παράγοντες

- $V_P = V_G + V_E = \textcircled{V_A} + V_D + V_I + V_E$,

(Χαρακτηριστικά χωρίς γενετική διακύμανση έχουν κληρονομησιμότητα 0)



ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ

$$h^2 = V_A / V_P = V_A / (V_G + V_E)$$

- Εφόσον η κληρονομησιμότητα είναι συνάρτηση του περιβάλλοντος (V_E), είναι μια μέτρηση που εκαρτάται από το πλαίσιο ύπαρξης του πληθυσμού (περιβάλλον αλλά και γενετική δεξαμενή)

Επηρεάζεται και από τα δυο:

- Το περιβάλλον στο οποίο μεγάλωσαν οι οργανισμοί αλλά και
- Το περιβάλλον στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις.



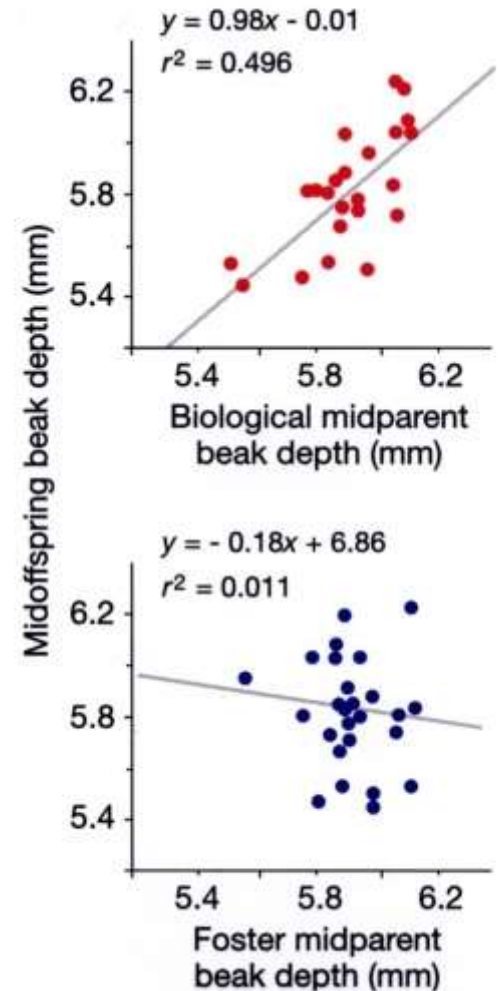
Click to edit Master title style

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ



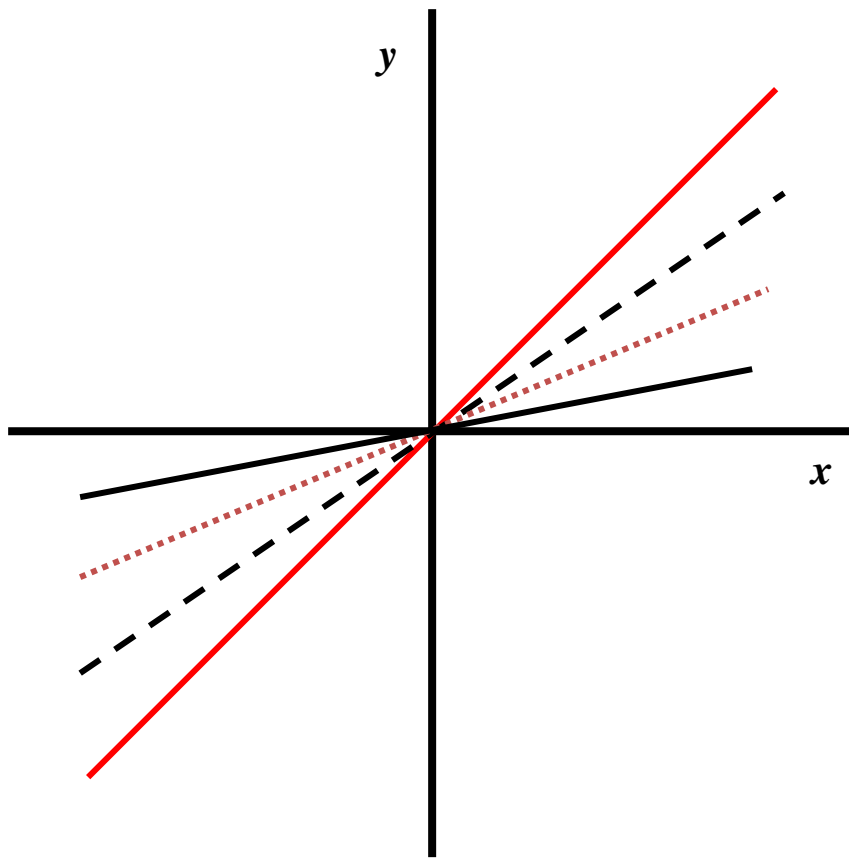
ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΣΥΓΓΕΝΩΝ

- Όταν υπάρχει γενετική ποικιλομορφία για έναν χαρακτήρα, θα υπάρχει ομοιότητα μεταξύ συγγενών.
- Οι συγγενείς θα έχουν περισσότερες παρόμοιες τιμές χαρακτηριστικών μεταξύ τους από ό,τι με μη συγγενικά άτομα.





Η ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΣΥΓΓΕΝΩΝ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΒΑΘΜΟ ΣΧΕΣΗΣ



- Μονοζυγωτικά δίδυμα
- Ομοθαλή αδέρφια (Full sibs)
- Γονείς-παιδιά
- Ετεροθαλή αδέρφια (Half sibs)

Κλίση της ευθείας δυο μεταβλητών $(x,y) = \mathbf{Cov}(x,y) / \mathbf{Var}(x)$



ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΓΓΕΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΦΑΙΝΟΤΥΠΙΚΗΣ ΣΥΝΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

V_A = Προσθετική γενετική διακύμανση

V_D = Κυριαρχική γενετική διακύμανση

V_{Es} = Διακύμανση λόγω κοινού περιβάλλοντος

Συγγένεια

Φαινοτυπική συνδιακύμανση

Μονοζυγωτικά δίδυμα:

$$V_A + V_D + V_{Es}$$

Γονέας (ένας) - παιδιά

$$\frac{1}{2} V_A$$

Ομοθαλή αδέρφια

$$\left(\frac{1}{2} V_A\right) + \left(\frac{1}{4} V_D\right) + V_{Es}$$

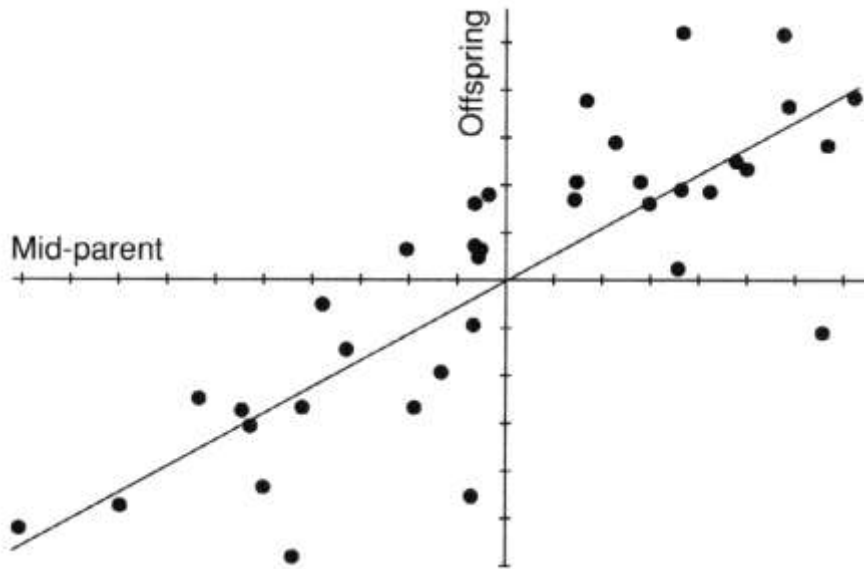
Ετεροθαλή αδέρφια, ή

Παπούδες – εγγόνια

$$\frac{1}{4} V_A$$



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ



← κλίση = b
 $= \text{Cov}(x,y)/\text{Var}(x)$

Method of estimation

COV_(x,y)

h²

Slope (b)

Απόγονοι-Ένας γονέας

$\frac{1}{2} V_A$

$2b$

$b = \frac{1}{2} h^2$

Ετεροθαλή αδέρφια

$\frac{1}{4} V_A$

$4b$

$b = \frac{1}{4} h^2$

Απόγονοι-Παπούδες

$\frac{1}{4} V_A$

$4b$

$b = \frac{1}{4} h^2$

Απόγονοι-Μέση τιμή 2 γονέων

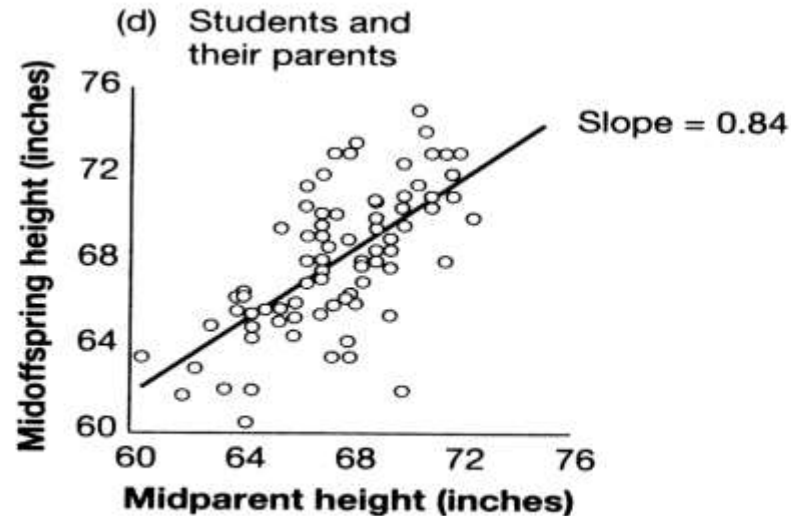
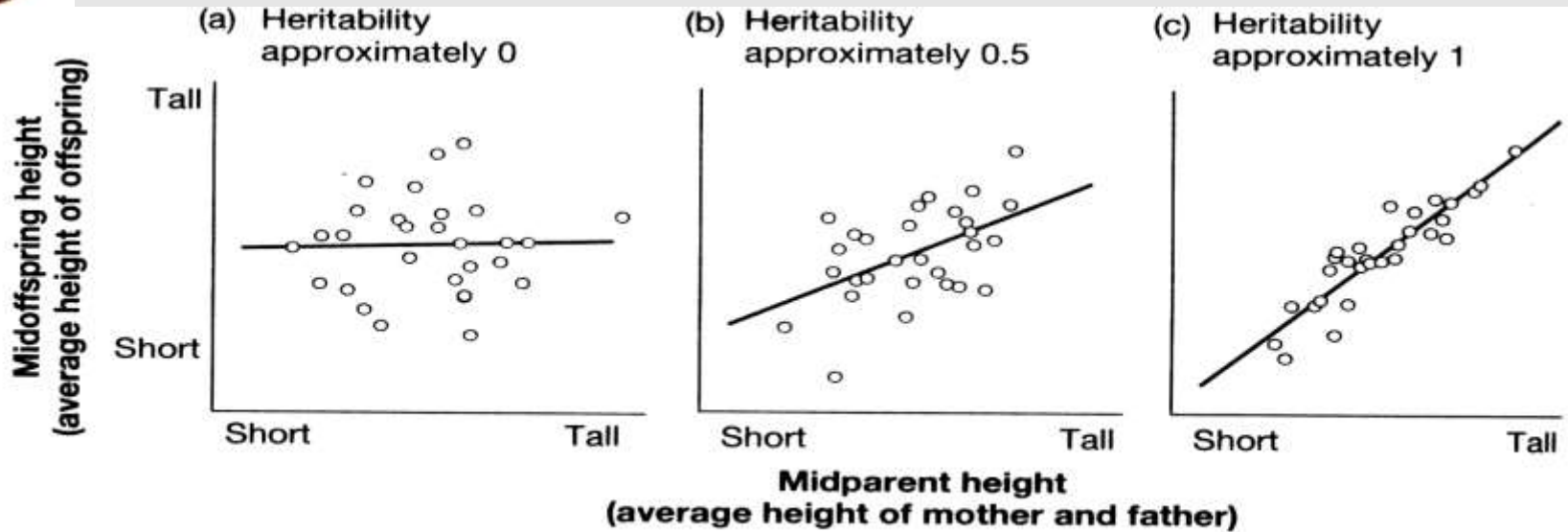
-

b

$b = h^2$

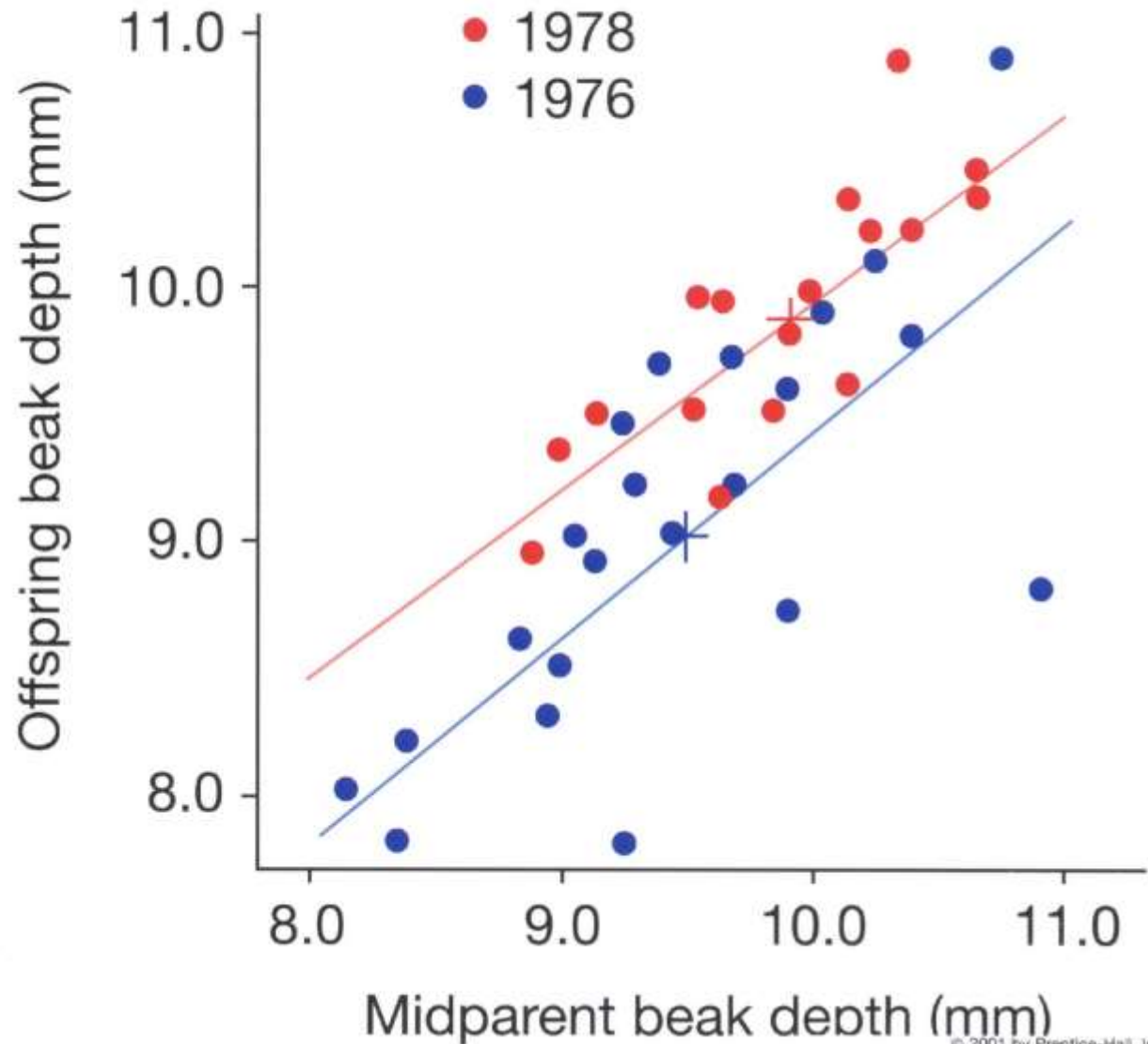
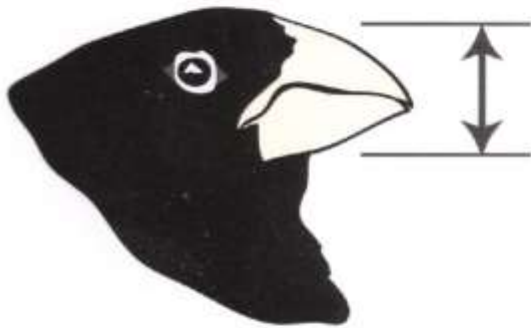


Κληρονομησιμότητα



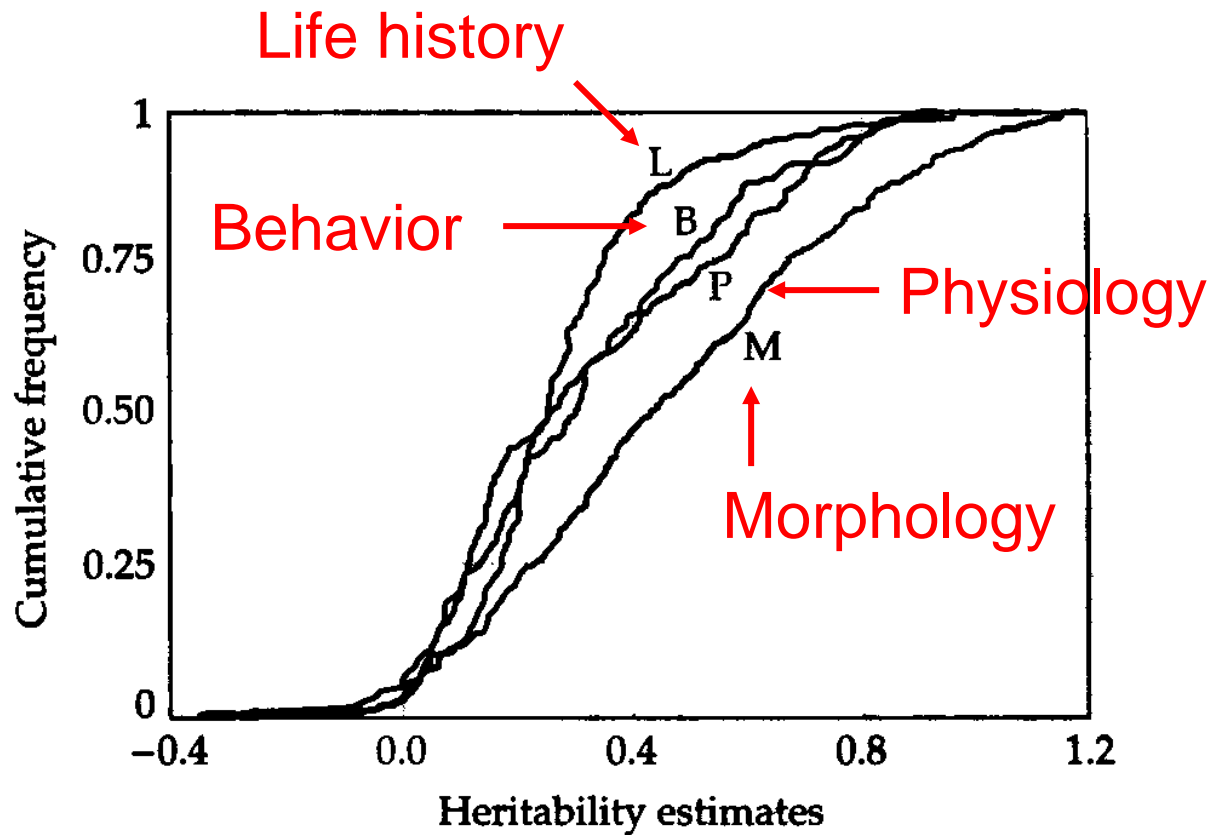
Heritability in between parents & offsprings height

HERITABILITY OF BEAK DEPTH IN DARWIN'S FINCHES





ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ





Γιατί μας ενδιαφέρει η Κληρονομησιμότητα; $h^2 = \frac{V_A}{V_P}$

- Η κληρονομησιμότητα μας ενδιαφέρει:
 - α) για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε την **κληροδοτική τιμή** (breeding value)
 - Δηλ, πόσο πολύ η **γενετική ανωτερότητα ενός ατόμου** οφείλεται στην προσθετική δράση των γονιδίων του σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιδράσεις
 - β) για να προβλέψουμε την **απόκριση στην επιλογή**
 - δηλ. πόση από την ανωτερότητα της ομάδας των επιλεγμένων ατόμων θα περάσει στην επόμενη γενιά



Τι θα δούμε;

- ~~1. Τι είναι Ποσοτική γενετική~~
- ~~2. Πορεία της γενετικής στις υδατοκαλλιέργειες~~
- ~~3. Χαρακτήρες και μελέτη τους~~
- ~~4. Κληρονομησιμότητα~~
5. Στρατηγικές βελτίωσης
6. Αρχές & μέθοδοι επιλογής
7. Κληροδοτική Τιμή
8. Εκτίμηση κληρονομησιμότητας – EBVs
9. Πρόβλεψη γενετικού κέρδους
10. Επιπτώσεις ομοειξίας
11. Πως γίνεται η γενετική βελτίωση στην πράξη;
12. Μοριακοί σημαντές στην υδατοκαλλιέργεια
13. Γενετικές επιδράσεις σε φυσικούς πληθυσμούς



Click to edit Master title style

ΚΑΗΡΟΔΟΤΙΚΗ ΤΙΜΗ (BREEDING VALUE)



Κληροδοτική Τιμή (Breeding Value - EBV)

- **Κληροδοτική τιμή**: η τιμή των γονιδίων που κληρονομούνται στον απόγονο
 - Το μισό της προσθετικής γενετικής τιμής (= κληροδοτικής τιμής) των γονέων αφού κληρονομούν το $\frac{1}{2}$ των αλληλομόρφων τους στα παιδιά
 - $y_i = \mu + 0.5 (A_m + A_f) + e_i$
- **Γενετική τιμή**: η τιμή των όλων γονιδίων του ατόμου
 - Περιλαμβάνει και την κυριαρχία (dominance)
 - Αυτή είναι η κύρια διαφορά με την κληροδοτική τιμή
 - $y_{ij} = \mu + 0.5 (A_m + A_f) + m_i + e_{ij}$



Κληροδοτική Τιμή (Breeding Value - EBV)



- **Εκτίμηση κληροδοτικής τιμής**
 - Το ένα ψάρι είναι 657γρ
 - Τι μπορούμε να περιμένουμε από το παιδί του;
 - Ή από τον αδελφό του;





Κληροδοτική Τιμή (Breeding Value - EBV)

Prediction of breeding values

In real life we observe phenotype P
but want to estimate breeding value A

$$\begin{aligned} P &= \text{genotype} + \text{environment} + G \times e \\ &= A + \underbrace{NA + e + Gxe} \\ P &= A + E \end{aligned}$$

↓

Breeding Value = the bit that gets passed on





Κληροδοτική Τιμή (Breeding Value)

$$\hat{A} = \frac{V_A}{V_P} P = \hat{A} = h^2 P = EBV = h^2 P$$

- Η κληροδοτική τιμή δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα.
- Μπορεί μόνο να εκτιμηθεί.



$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

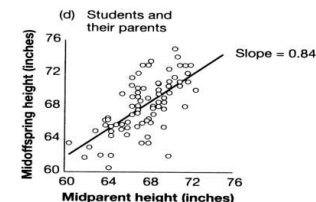
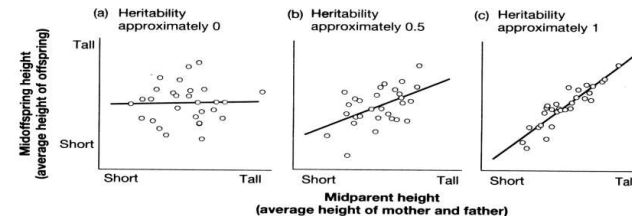
1. Η h^2 ΔEN είναι το ποσοστό του φαινοτύπου που οφείλεται στη γενετική ΑΛΛΑ η αναλογία της φαινοτυπικής διακύμανσης που οφείλεται σε γενετικούς παράγοντες
2. Η ΔEN h^2 είναι το ποσοστό του φαινοτύπου που περνά στην επόμενη γενιά!
 - Οι φαινότυποι ΔEN περνούν στην επόμενη γενιά. Τα γονίδια κληρονομούνται. Η κληρ αφορά στο ποσοστό της προσθετικής γενετικής διακύμανσης. Η μισή από αυτή περνά στην επόμενη γενιά από τους γονείς.



$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

3. Υψηλή h^2 υποδηλώνει και (ισχυρό) γενετικό καθορισμό

- Υψηλή h^2 σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης που παρατηρείται στον συγκεκριμένο πληθυσμό οφείλεται σε διακύμανση στους γονότυπους.
- Ο φαινότυπος ενός ατόμου είναι ένας καλή πρόγνωση του γονότυπου, στον συγκεκριμένο πληθυσμό.
- Εξ' ορισμού, ο γονότυπος **ΔΕΝ** καθορίζει αυστηρά τον φαινότυπο αφού το **περιβάλλον** μπορεί να **αλλάξει** ή να **τροποποιηθεί** ώστε να επηρεάσει τον φαινότυπο. Π.χ.
 - Επίδραση θερμοκρασίας στον καθορισμό του φύλου στο λαβράκι (ESD)
 - Υψηλοί γονείς τείνουν να έχουν ψηλά παιδιά ΑΛΛΑ με διακύμανση γύρω από το γονικό μέσο όρο.





$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

4. Η χαμηλή h^2 υποδηλώνει έλλειψη προσθετικής γενετικής διακύμανσης.
- Σημαίνει ότι ένα μικρό ποσοστό της παρατηρούμενης διακύμανσης οφείλεται στους γονότυπους.
 - Δεν σημαίνει ότι η προσθετική γενετική διακύμανση είναι μικρή.
 - Ουσιαστική διαφορά γιατί η απόκριση στη φυσική ή τεχνητή επιλογή εξαρτάται από το μέγεθος της προσθετικής γενετικής διακύμανσης στον πληθυσμό εφόσον είναι ανάλογη του $h\sigma_A$
➔ ΑΡΑ τόσο η h^2 όσο και η γενετική διακύμανση (σ_A) είναι σημαντικές.



$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

5. Η h^2 μας εξηγεί τη φύση των διαφορών μεταξύ των ομάδων.
- 2 ομάδες που διαφέρουν οφείλουν τη διαφορά τους σε γενετικές διαφορές → **ΛΑΘΟΣ**
 - Δεν θα έπρεπε να μεταβάλλεται ο Μ.Ο. ενός χαρακτήρα, με υψηλή h^2 , στην πάροδο του χρόνου (over time) → **ΛΑΘΟΣ**. (Π.χ. Μεγαλύτερο IQ over time.)
 - Γιατί και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις έχουμε την έννοια του διαφορετικού περιβάλλοντος (χώρος ή χρόνος & χώρος). Αυτό συνδέεται με την επισήμανση ότι η h^2 εκτιμάται για ένα συγκεκριμένο πληθυσμό και δεν λέει τίποτα για τα περιβάλλοντα άλλων πληθυσμών. Π.χ.
 - Μέσα 19ου αιώνα: λευκοί άνδρες ΗΠΑ > 9 εκ ψηλότεροι από τους Ολλανδούς
 - Τέλη 20ου αιώνα: ΟΛΟΙ ψηλότεροι αλλά Ολλανδοί 5 εκ > ΗΠΑ προφανώς περιβαλλοντική παρά γενετική.
6. Υψηλή h^2 υποδηλώνει ύπαρξη γονιδίων με μεγάλη επίδραση
- Οι ποσοτικοί χαρακτήρες είναι πολυγονιδιακοί = προσθετική δράση πολλών γονιδίων.



ΚΛΗΡΟΜΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΣΕ ΖΩΙΚΑ ΕΙΔΗ

	<u>h^2 (%)</u>
<i>Man</i>	
Stature	65
Serum immunoglobulin (IgG) level	45
<i>Cattle</i>	
Body weight (adult)	65
Butterfat, %	40
Milk-yield	35
<i>Pigs</i>	
Back-fat thickness	70
Efficiency of food conversion	50
Weight gain per day	40
Litter size	5
<i>Poultry</i>	
Body weight (at 32 wks)	55
Egg weight (at 32 wks)	50
Egg production (to 72 wks)	10
<i>Mice</i>	
Tail length (at 6 wks)	40
Body weight (at 6 wks)	35
Litter size (1st litters)	20
<i>Drosophila melanogaster</i>	
Abdominal bristle number	50
Body size	40
Ovary size	30
Egg production	20



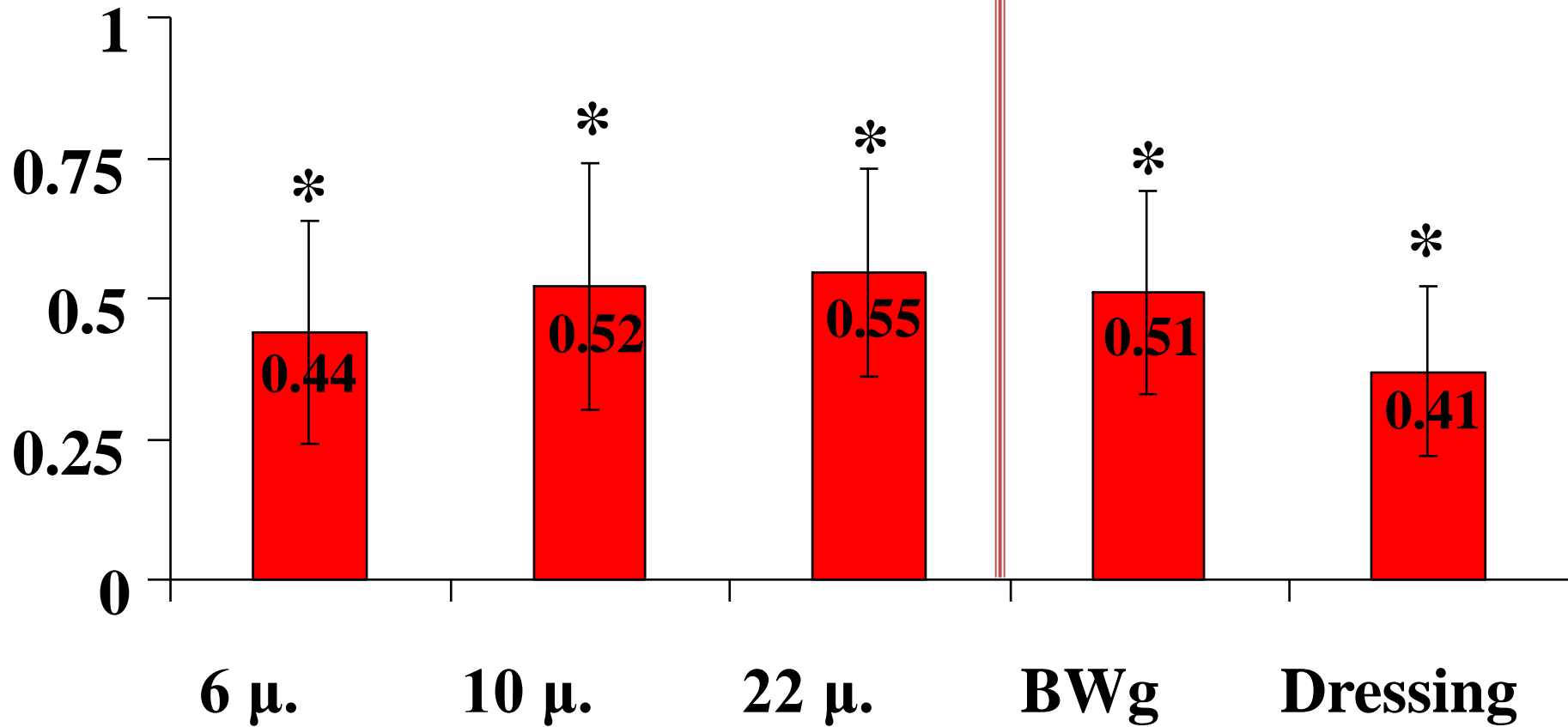
Click to edit Master title style

Κληρονομησιμότητα χαρακτήρων στην τσιπούρα

ΤΣΙΠΟΥΡΑ

Χαρακτήρες Βάρους

h^2

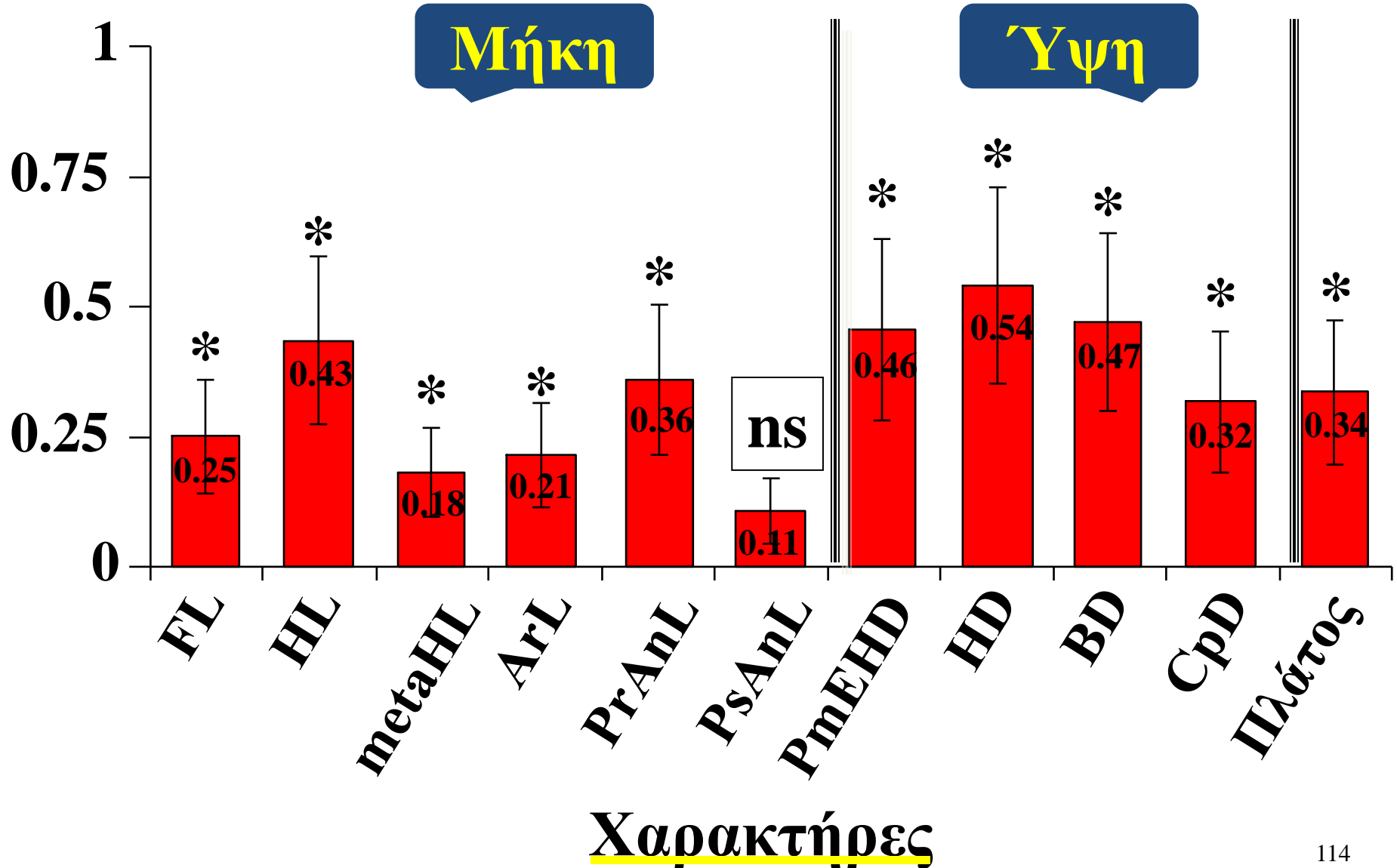


Χαρακτήρες



ΤΣΙΠΟΥΡΑ

Μορφομετρικοί χαρακτήρες

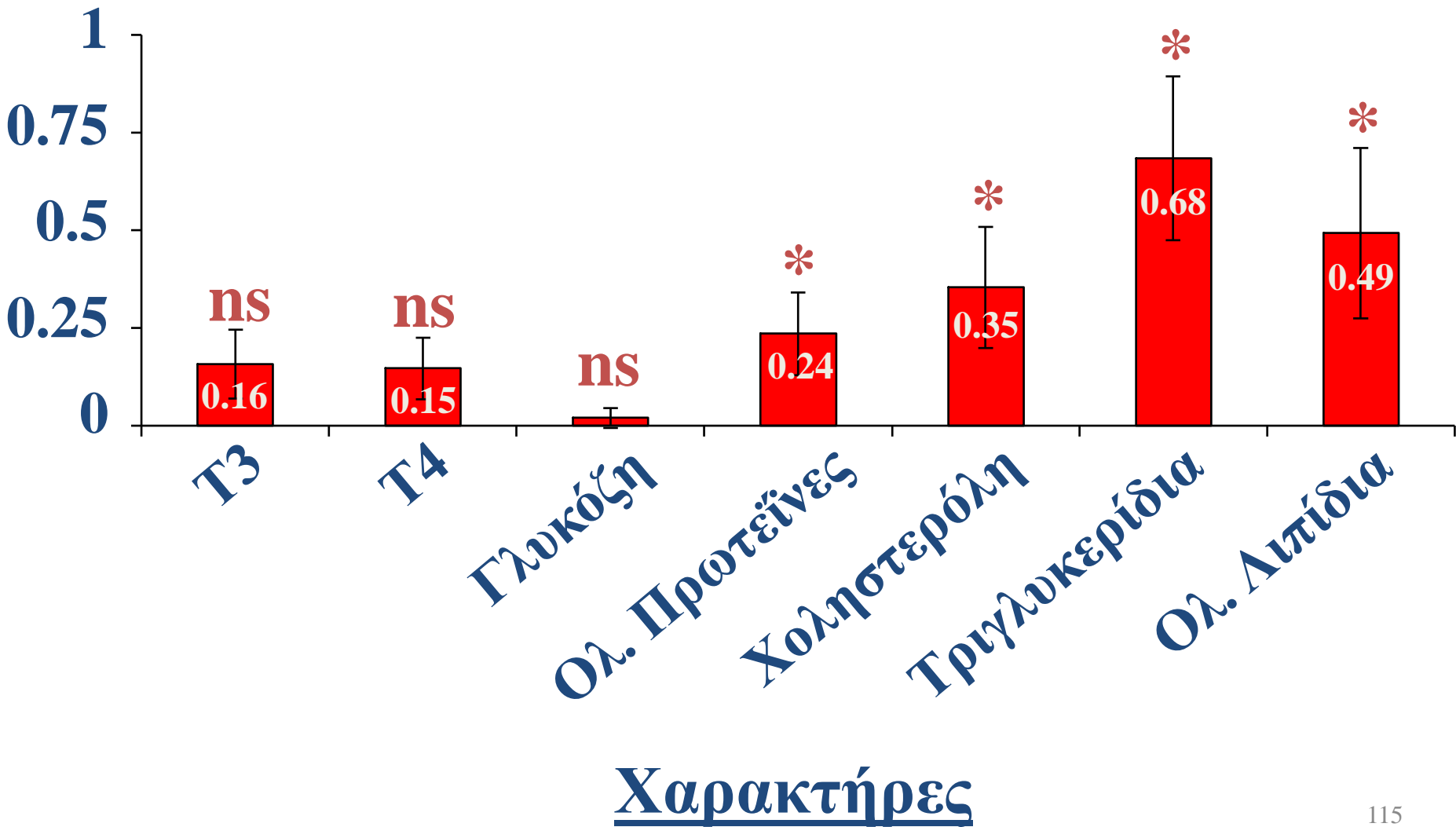




ΤΣΠΟΥΡΑ

Ορμονικοί & βιοχημικοί χαρακτήρες

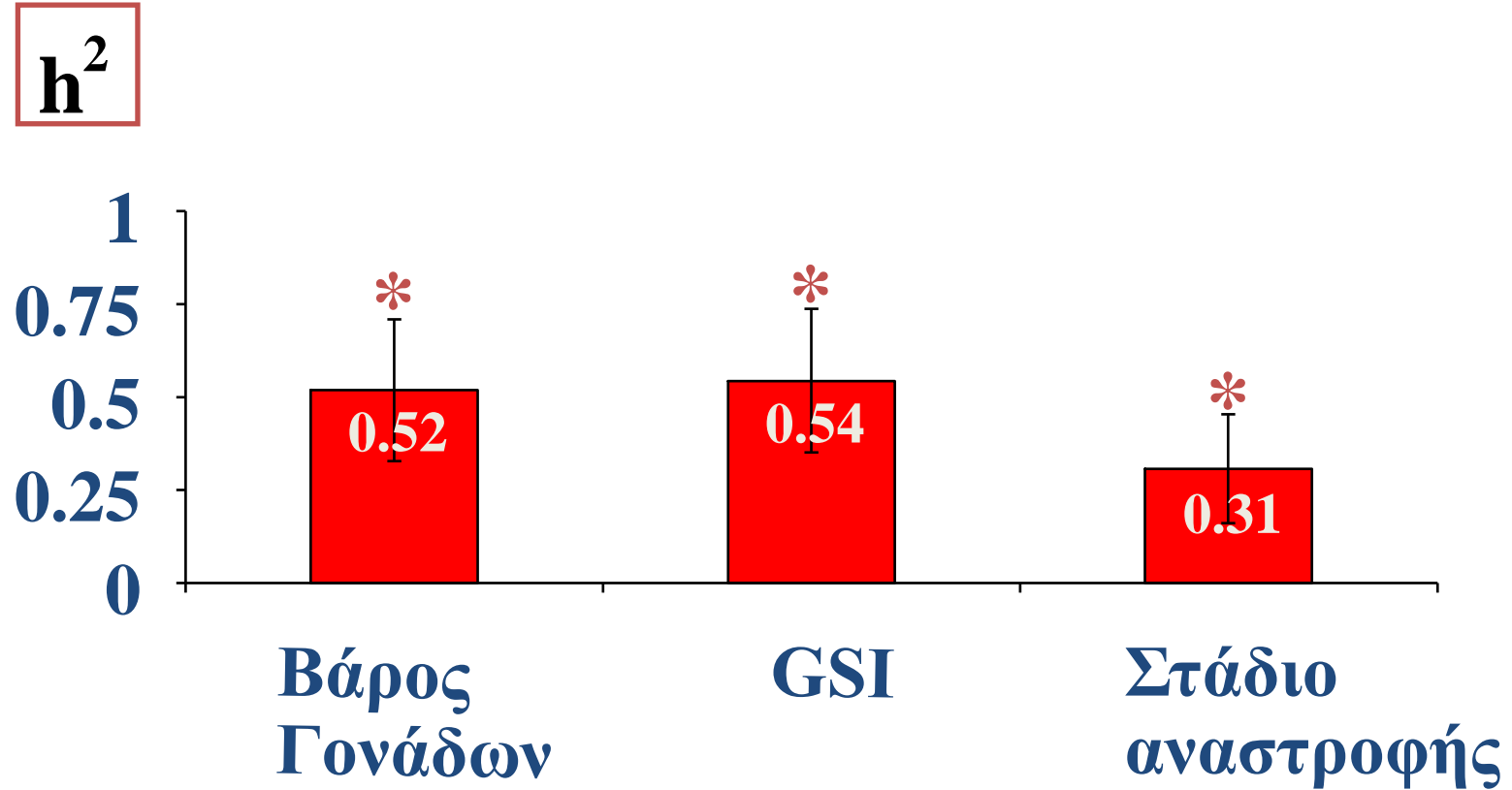
h^2





ΤΣΙΠΟΥΡΑ

Αναπαραγωγικοί χαρακτήρες

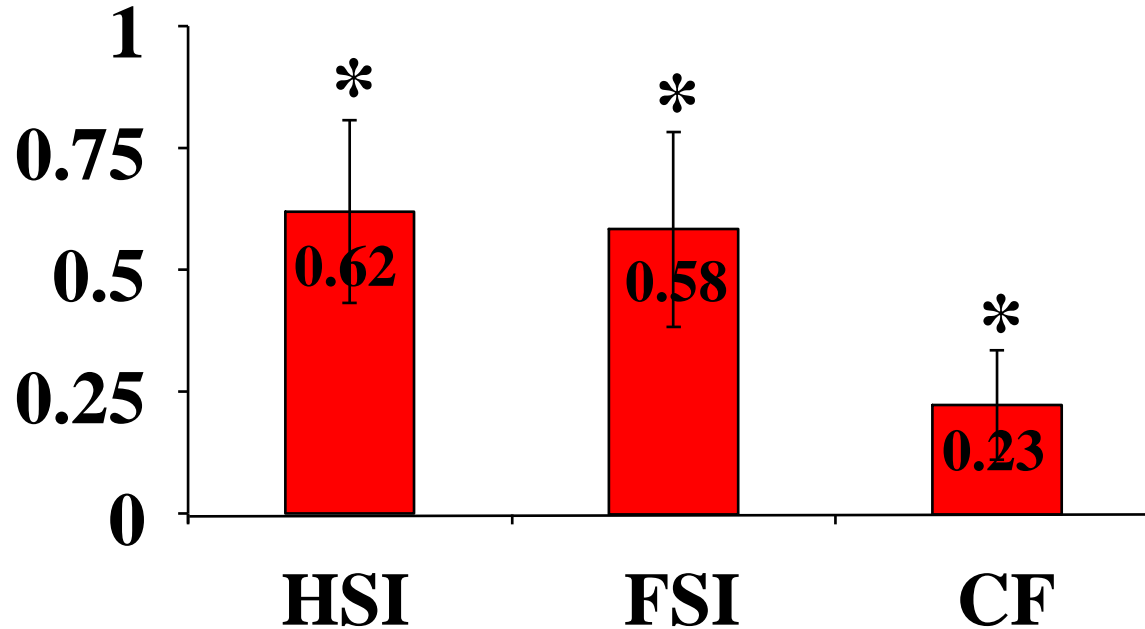


Χαρακτήρες

ΤΣΙΠΟΥΡΑ

Δείκτες φυσιολογικής κατάστασης

h^2



Χαρακτήρες



UNIVERSITY OF
PATRAS
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

Κ. Μπαταργιάς