

Μάθημα ΖΩΟΤΕΧΝΙΑ

Ποσοτικά χαρακτηριστικά των αγροτικών ζώων με οικονομική σημασία



Διδασκουςα: Κουτσούλη Παναγιώτα

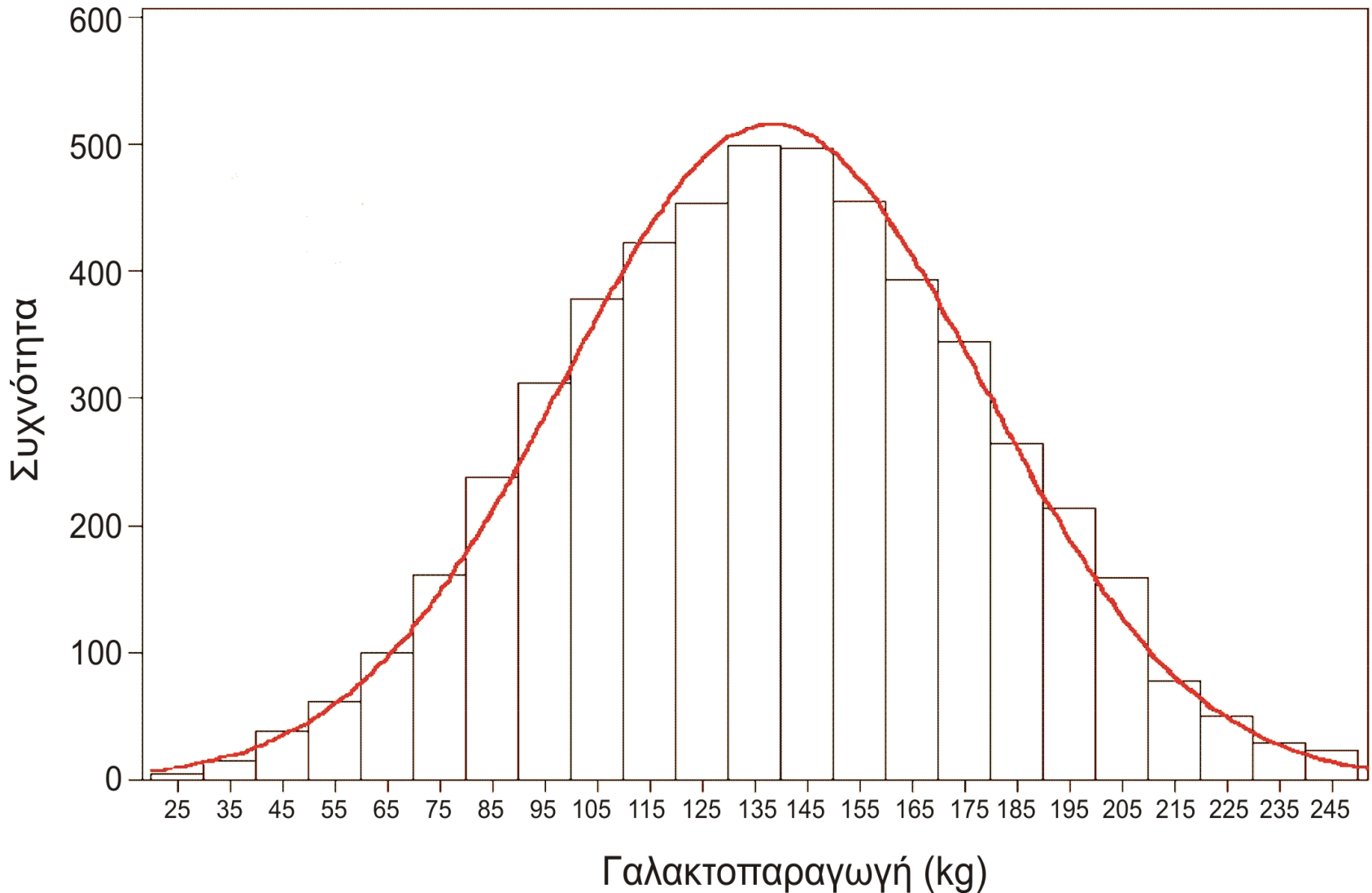
Τμήμα: Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής & Υδατοκαλλιεργειών

Ποσοτικά χαρακτηριστικά

- Τα πιο ενδιαφέροντα από οικονομική άποψη χαρακτηριστικά των ζώων είναι ποσοτικά ή πολυγονιδιακά χαρακτηριστικά
 - Οι τιμές τους ακολουθούν συνεχή κατανομή (συνήθως κανονική κατανομή)
 - Η παραλλακτικότητα των φαινοτυπικών τιμών για τα ποσοτικά χαρακτηριστικά οφείλεται στην κληρονομική ουσία (συνήθως επηρεάζονται από ένα μεγάλο αριθμό γονιδιακών τόπων) και στο περιβάλλον
 - Παραδείγματα:
 - γαλακτοπαραγωγή,
 - λιποπαραγωγή,
 - ρυθμός ανάπτυξης,
 - ποιότητα σφάγιου,
 - εριοπαραγωγή

Κατανομή της γαλακτοπαραγωγής προβατινών της φυλής Λέσβου από
5188 γαλακτικές περιόδους

Μέση γαλακτοπαραγωγή = 138 kg και διακύμανση = 1600 kg²



Φαινοτυπική τιμή P

- Φαινοτυπική τιμή : η τιμή η οποία προκύπτει από τη μέτρηση μιας ιδιότητας ενός ατόμου σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. π.χ. 5000 kg γάλακτος, 800 g ημερήσιος ρυθμός ανάπτυξης, 140 cm ύψος ακρωμίου κ.τ.λ.
- Οι φαινοτυπικές τιμές είναι αποτέλεσμα των συνδυασμένων δράσεων του γονοτύπου και του περιβάλλοντος.

Γονοτυπική τιμή G

- η μέση τιμή των φαινοτυπικών τιμών που εμφανίζει ένας γονότυπος σε κάθε δυνατό περιβάλλον
- Η απ' ευθείας μέτρηση της γονοτυπικής τιμής δεν είναι δυνατή
- Η τιμή η οποία προκύπτει από τη μέτρηση μιας ιδιότητας σε ένα άτομο αναφέρεται πάντοτε στο βαθμό της φαινοτυπικής εκδήλωσης της ιδιότητας αυτής σε ένα ορισμένο περιβάλλον

γονοτυπική τιμή G

- Η γονοτυπική τιμή είναι ένα θεωρητικό μέγεθος το οποίο επιτρέπει τον επιμερισμό της φαινοτυπικής τιμής σε δύο μέρη
 - ένα μέρος το οποίο οφείλεται στην επίδραση του γονοτύπου και
 - ένα μέρος το οποίο οφείλεται στο περιβάλλον
- δηλαδή ισχύει : Φαινοτυπική τιμή = γονοτυπική τιμή + περιβαλλοντική απόκλιση

$$P = G + U$$

Η έκφραση κάθε ποσοτικής ιδιότητας (P) είναι συνάρτηση γενετικών (G) και περιβαλλοντικών επιδράσεων (U)

Συστατικά γονοτυπικής & φαινοτυπικής τιμής

- $G = A + D + E$

A= άθροισμα των μέσων επιδράσεων

D= επιδράσεις κυριαρχίας

E= επιστατικές επιδράσεις

- Για τη φαινοτυπική τιμή μιας ποσοτικής ιδιότητας ισχύει :

$$P = A + D + E + U$$

- Όπου U= περιβαλλοντική επίδραση

Συστατικά της φαινοτυπικής διακύμανσης

$$\sigma_p^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2 + \sigma_U^2$$

σ_A^2 : προσθετική γενετική διακύμανση

σ_D^2 : κυριαρχική γενετική διακύμανση

σ_E^2 : επιστατική γενετική διακύμανση

σ_U^2 : περιβαλλοντική διακύμανση

Μέση επίδραση αλληλομόρφων

- Σε έναν πληθυσμό στον οποίο εφαρμόζεται πρόγραμμα βελτίωσης για κάποια ιδιότητα, επιλέγονται ως γονείς της επόμενης γενεάς τα άτομα τα οποία έχουν καλύτερες αποδόσεις από το μέσο όρο του πληθυσμού και οι απόγονοί τους αναμένεται να έχουν αποδόσεις όμοιες με τις αποδόσεις των γονέων .
- Όμως, ένας γονέας δε μεταβιβάζει στους απογόνους του ποτέ ολόκληρο το διπλοειδή γονότυπό του, αλλά με τους απλοειδείς γαμέτες είτε το ένα είτε το άλλο αλληλόμορφο ενός γονιδίου στον καθ' ένα από αυτούς.
- Αυτό το οποίο άμεσα ενδιαφέρει δεν είναι αυτή καθ' αυτή η αξία ενός γονοτύπου, αλλά η αξία των γονιδίων που τον απαρτίζουν.
- Ένα μέγεθος της επίδρασης στο παραγωγικό επίπεδο της μεταβίβασης ενός αλληλομόρφου από τους γονείς στους απογόνους είναι η «μέση επίδραση του αλληλομόρφου» αυτού.

Κληροδοτική τιμή A ατόμου

- Κληροδοτική τιμή A ενός ατόμου όσον αφορά συγκεκριμένη ιδιότητα είναι το άθροισμα των μέσων επιδράσεων των γονιδίων από τα οποία εξαρτάται η ιδιότητα αυτή
- Επειδή ένα άτομο μεταβιβάζει το 50% των γονιδίων του στα τέκνα του, η μέση απόκλιση των αποδόσεων των τέκνων του από το μέσο όρο του πληθυσμού θα ισούται με το ήμισυ του αθροίσματος των μέσων επιδράσεων των σχετικών γονιδίων του:

$$\tilde{N}-\mu=1/2 A$$

- Η κληροδοτική τιμή εκφράζεται ως το διπλάσιο της απόκλισης των μέσων αποδόσεων των τέκνων του ατόμου από το μέσο όρο του πληθυσμού: $A=2(\tilde{N}-\mu)$

Κληροδοτική τιμή A ενός ατόμου

Παράδειγμα:

Σε ένα πληθυσμό αγελάδων η μέση γαλακτοπαραγωγή είναι ίση με 5000 kg γάλακτος.

Έστω ότι ένας ταύρος γονιμοποιεί μεγάλο αριθμό αγελάδων με τυχαία επιλογή από τον πληθυσμό.

Εάν η μέση γαλακτοπαραγωγή των θυγατέρων του ταύρου είναι 5500 kg γάλακτος, τότε

η κληροδοτική τιμή του ταύρου θα είναι :

$$A=2(5500-5000)=2 \times 500=1000 \text{ kg γάλακτος.}$$

Ένας δεύτερος ταύρος με μέση γαλακτοπαραγωγή των θυγατέρων του ίση με 4800 kg έχει

$$\text{κληροδοτική τιμή } A: 2(4800-5000)=2 \times (-200)= -400 \text{ kg}$$

Ομοιότητα μεταξύ συγγενών

- Τα συγγενικά άτομα μοιάζουν για δύο λόγους:
 - α) φέρουν σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό γονίδια ταυτόσημα από καταγωγή
 - β) έχουν δεχτεί την επίδραση ενός κοινού περιβάλλοντος
- Τα αμφιθαλή ή ομοθαλή αδέλφια έχουν και δύο κοινούς γονείς
 - αναπτύσσονται και παράγουν στο ίδιο περιβάλλον, εμφανίζουν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη ομοιότητα στα διάφορα χαρακτηριστικά τους από ό,τι τα αμφιθαλή αδέλφια τα οποία εκτρέφονται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ομοιότητα μεταξύ συγγενών

Λόγω της δειγματοληπτικής φύσης της κληρονομικότητας μπορεί δύο απόγονοι ίδιων γονέων να λάβουν τα ίδια ή εντελώς διαφορετικά γονίδια

Η ποσοτική περιγραφή της ομοιότητας μεταξύ συγγενών γίνεται με στατιστικά μεγέθη όπως η συνδιακύμανση ή ο συντελεστής συσχέτισης

Παράδειγμα:

επιλέγονται δύο χοιρίδια από κάθε τοκετομάδα όλων των χοιρομητέρων ενός πληθυσμού και μετράται σε αυτά το πάχος του ραχιαίου υποδόριου λίπους.

Η συνδιακύμανση των τιμών X στο ένα χοιρίδιο και Y στο άλλο χοιρίδιο εκφράζει τη συνδιακύμανση μεταξύ αμφιθαλών αδερφών

Γιατί μας ενδιαφέρει;

Εκτίμηση γενετικών παραμέτρων του πληθυσμού:

(συντελεστές κληρονομικότητας, επαναληπτικότητα, γενετικής συσχέτισης)

Εκτίμηση κληροδοτικών τιμών

Γενετική συνδιακύμανση συγγενών ατόμων

Συνδιακύμανση γονέα-τέκνου:

$$\mathbf{Cov}(\Gamma, \mathbf{T}) = 1/2 \sigma^2_{\mathbf{A}} + \dots$$

Συνδιακύμανση ετεροθαλών αδελφών:

$$\mathbf{Cov}(\mathbf{E}, \mathbf{A}) = 1/4 \sigma^2_{\mathbf{A}} + \dots$$

Συνδιακύμανση ομοθαλών αδελφών:

$$\mathbf{Cov}(\mathbf{O}, \mathbf{A}) = 1/2 \sigma^2_{\mathbf{A}} + 1/4 \sigma^2_{\mathbf{D}} + \dots$$

Μία ποσοτική ιδιότητα μπορεί να βελτιωθεί όταν:

- Υπάρχει παραλλακτικότητα μεταξύ των ατόμων στα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν ζωοτεχνικά
- η παραλλακτικότητα είναι γενετικής αιτιολογίας, κληρονομήσιμη
 - ώστε τα άτομα να μοιάζουν περισσότερο με τους συγγενείς τους από ότι με μη συγγενικά άτομα (ιδιαίτερα οι απόγονοι με τους γονείς)

Συντελεστής κληρονομικότητας h^2

- Εκφράζει το ποσοστό της παρατηρούμενης φαινοτυπικής διακύμανσης σ^2_P το οποίο οφείλεται σε όλες τις γενετικές επιδράσεις σ^2_G
 - προσθετικές A,
 - κυριαρχικές D και
 - επιστατικές E

$$h^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P} \qquad h^2 = \frac{\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E}{\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E + \sigma^2_U}$$

Συντελεστής κληρονομικότητας (παράδειγμα)

Είναι:

$$\sigma^2_A = 25$$

$$\sigma^2_D = 10$$

$$\sigma^2_E = 5$$

$$\sigma^2_U = 60$$

$$h^2 = (\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E) /$$

$$(\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E + \sigma^2_U) = (25 + 10 + 5) /$$

$$(25 + 10 + 5 + 60) = 0,40$$

$$h^2 = (\sigma^2_A) / (\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E + \sigma^2_U) =$$

$$= (25) / (25 + 10 + 5 + 60) = 0,25$$

Όσο μεγαλύτερος ο h^2 τόσο λιγότερο η φαινοτυπική έκφραση της ιδιότητας επηρεάζεται από το περιβάλλον

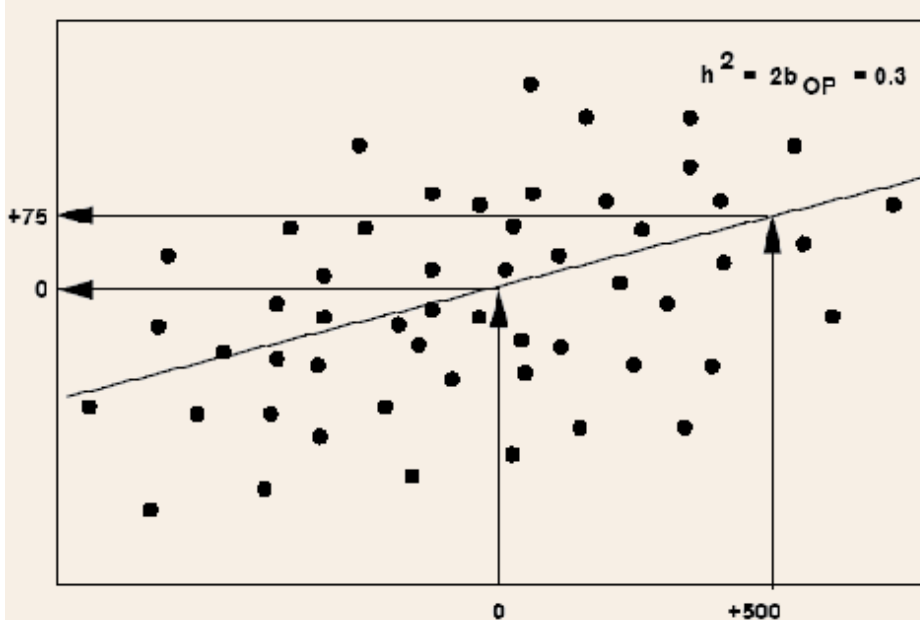
Συντελεστής κληρονομικότητας με την στενή έννοια

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P}$$

Στην ομοιότητα μεταξύ γονέων και τέκνων συμβάλλουν μόνο οι μέσες επιδράσεις των γονιδίων (και σε μικρό βαθμό οι επιστατικές επιδράσεις εφόσον υπάρχουν)

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

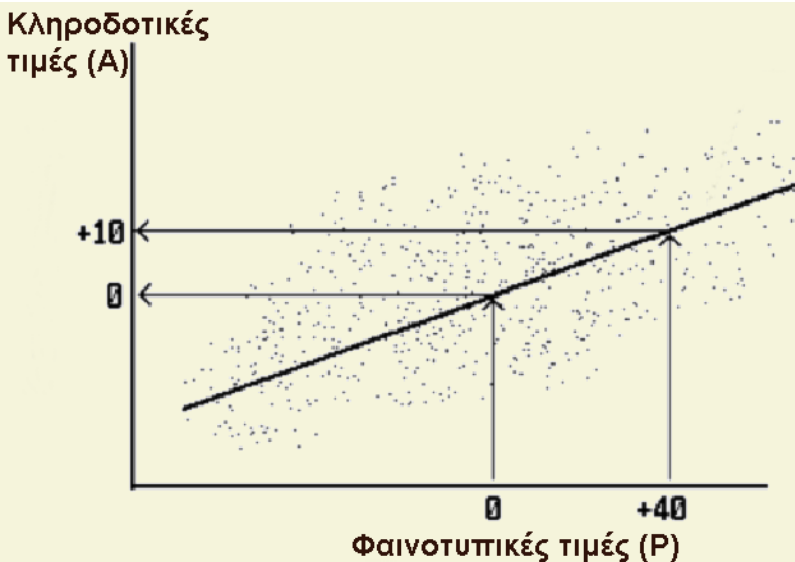
- καθορίζει το βαθμό κατά τον οποίο οι αποδόσεις των απογόνων μοιάζουν με εκείνες των γονέων τους
- ισοδυναμεί με το συντελεστή παλινδρόμησης των αποδόσεων των απογόνων πάνω στο μέσο όρο των αποδόσεων των γονέων (πρόβλεψη αποδόσεων απογόνων με βάση τις αποδόσεις των γονέων)



$$b_{P_T P_F} = \frac{\text{Cov}(P_T, P_F)}{\sigma_P^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{1}{2} h^2$$

Συντελεστής κληρονομικότητας - Σημασία

- Εκφράζει το συντελεστή παλινδρόμησης των ΚΤ πάνω στις φαινοτυπικές αποδόσεις επομένως επιτρέπει την εκτίμηση των κληροδοτικών τιμών από το φαινότυπο



$$b_{AP} = \frac{\text{Cov}(A,P)}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = h^2$$

$$\hat{A} = \beta_{AP} (P - \mu) = h^2 (P - \mu)$$

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

Η τετραγωνική ρίζα του συντελεστή κληρονομικότητας συνιστά ένα μέτρο της ακρίβειας με την οποία γίνεται η εκτίμηση των ΚΤ από τις αποδόσεις των ζώων.

Η ακρίβεια εκτίμησης συμβολίζεται ως r_{AP} .

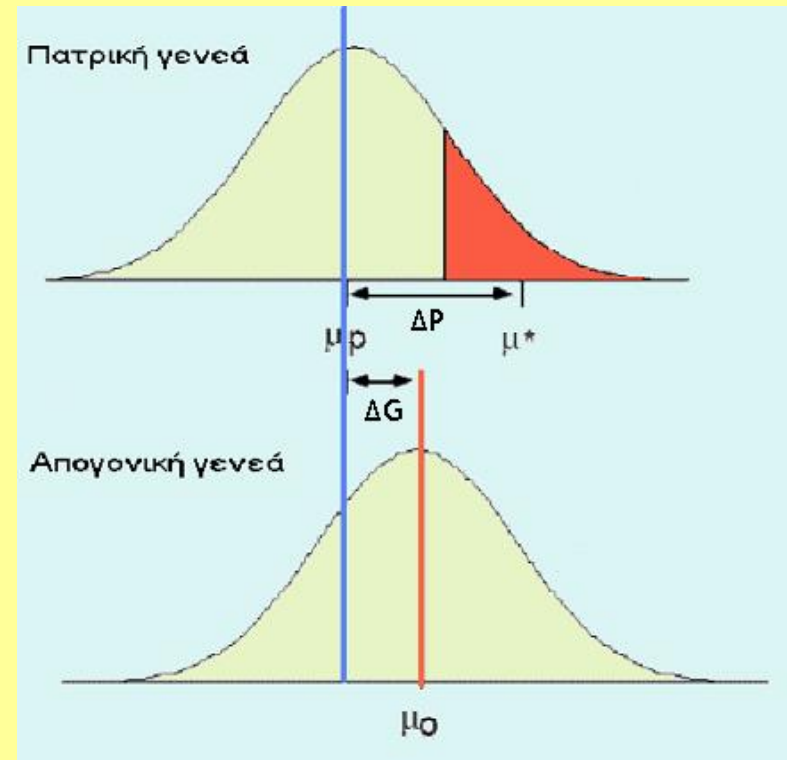
$$r_{AP} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P \sigma_A} = \frac{\sigma_A}{\sigma_P} = h$$

Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

Μεγαλύτερη γενετική πρόοδος (ΔG) αναμένεται για ιδιότητες με υψηλό συντελεστή κληρονομικότητας, δηλ.

ο h^2 συνιστά ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας μεταφοράς της φαινοτυπικής ανωτερότητας των γονέων (ΔP) στην επόμενη γενεά

$$h^2 = \frac{\Delta G}{\Delta P}$$



Συντελεστής κληρονομικότητας – Σημασία

- Η διακύμανση των κληροδοτικών τιμών εξαρτάται από τις *γονιδιακές συχνότητες* και από τον τρόπο δράσης των γονιδίων
- Ο h^2 αναφέρεται στον πληθυσμό και στις περιβαλλοντικές συνθήκες κάτω από τις οποίες εκτιμάται.
Πρόκειται, δηλαδή, για *πληθυσμιακή παράμετρο*.
- Η συνεχής επιλογή αναμένεται να μειώσει την τιμή του h^2 ως αποτέλεσμα της μείωσης της σ^2_A

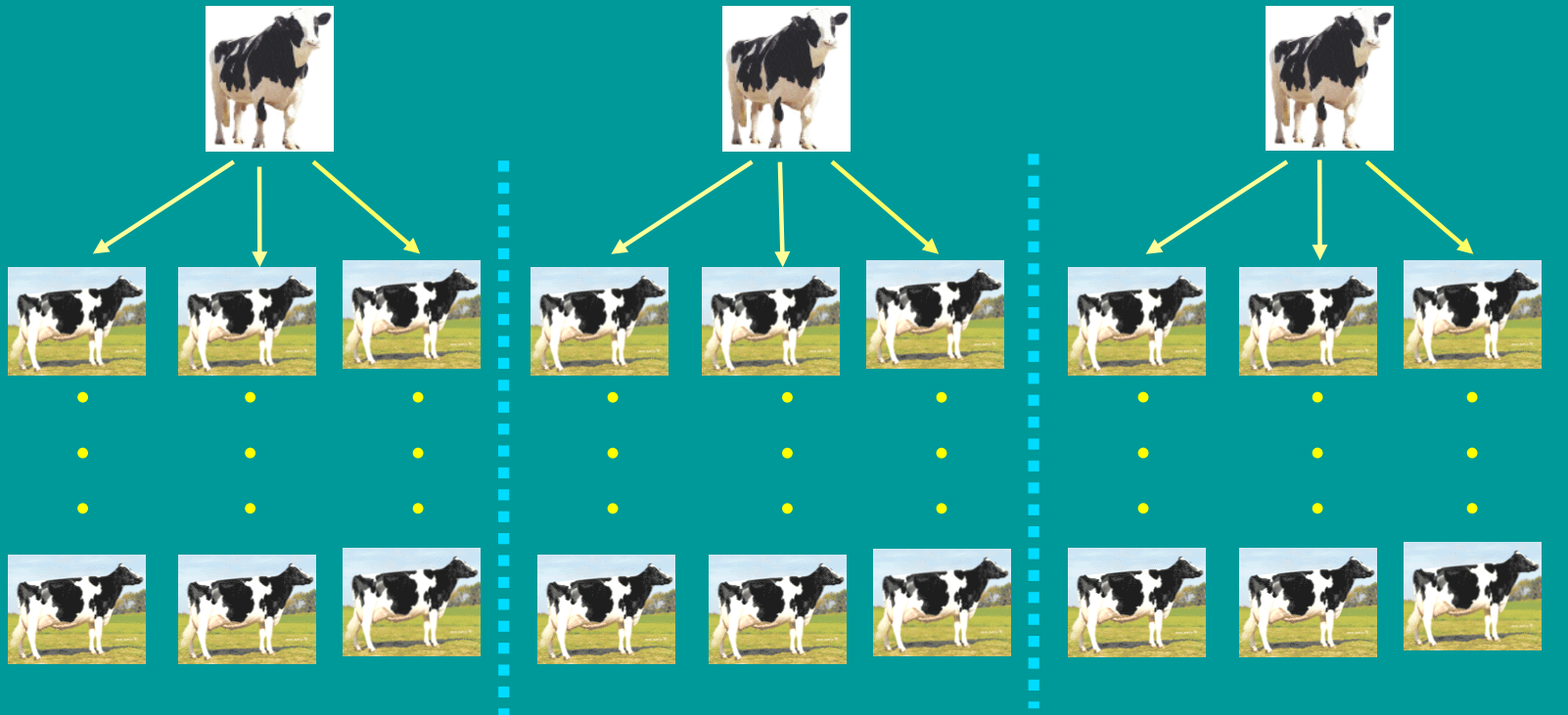
Τιμές συντελεστή κληρονομικότητας ανά είδος ιδιότητας

<u>Ιδιότητες</u>	<u>(h²)</u>	
αναπαραγωγικές	<0,2	χαμηλός
παραγωγικές	0,2- 0,4	μέσος
ανάπτυξης	0,2-0,4	μέσος
σφαγίου	0,4-0,6	υψηλός

Τιμές h^2 για διάφορες ιδιότητες σε κρεοπαραγωγά βοοειδή

<u>Ιδιότητα</u>	<u>h^2</u>
Βάρος γέννησης	0,35
Βάρος απογαλακτισμού	0,30
Ρυθμός ανάπτυξης	0,45
Ποιότητα σφαγίου	0,40
Πάχος υποδόριου λίπους	0,35
Επιφάνεια επιμήκους ραχιαίου μυός	0,60
Ποσοστό ενδομυϊκού λίπους	0,40
Μεσοδιάστημα τοκετών	0,05
Ποσοστό σύλληψης	0,05

Έκτίμηση του h^2 από την ανάλυση της ομοιότητας μεταξύ συγγενών: Συνδιακύμανση ετεροθαλών αδελφών



Μέτρηση ιδιότητας ή ιδιοτήτων στους απογόνους (αδέλφια) όχι στους γονείς, απαιτείται γνώση γενεαλογίας

Συντελεστής επαναληπτικότητας r_E

- Αναφέρεται σε ιδιότητες που επαναλαμβάνονται κατά τη διάρκεια ζωής των ζώων
- οι ιδιότητες επηρεάζονται από α) περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι ασκούν επιδράσεις που είναι :
 - Μόνιμες U_m (επίπεδο διατροφής έως την ήβη)
ή
 - Τυχαίες U_t (μια ξηρά Άνοιξη)
- β) από το γονότυπο

Συντελεστής επαναληπτικότητας r_E

- Ο συντελεστής επαναληπτικότητας εκφράζει το τμήμα της φαινοτυπικής διακύμανσης που οφείλεται στη διακύμανση των μόνιμων επιδράσεων (γονότυπος G + μόνιμες περιβαλλοντικές επιδράσεις U_μ)

- $$r_E = \frac{\sigma^2_\mu}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_G + \sigma^2_{U_\mu}}{\sigma^2_P}$$

Συντελεστής επαναληπτικότητας r_E

- Η παραγωγική ικανότητα ενός ζώου για μια επαναλαμβανόμενη ιδιότητα:
 - καθορίζεται από το γονότυπο και από τους μόνιμους όρους του περιβάλλοντος
 - αντιπροσωπεύει το μέσο όρο των αποδόσεων του από θεωρητικά άπειρο αριθμό παραγωγικών περιόδων
 - θεωρητικό μέγεθος, δεν μετράται, μπορεί να εκτιμηθεί
 - Ο συντελεστής επαναληπτικότητας ισούται με το συντελεστή παλινδρόμησης της πραγματικής παραγωγικής ικανότητας ως προς μία απόδοση του παρελθόντος
- Γνωρίζοντας το συντελεστή επαναληπτικότητας μπορώ να εκτιμήσω την παραγωγική ικανότητα του ζώου από μια ήδη πραγματοποιηθείσα απόδοσή του

Συντελεστής επαναληπτικότητας r_E

- Παράδειγμα:

Στο πρόβατο ο r_E της γαλακτοπαραγωγής είναι **0,40**.

Σε ένα ποίμνιο η μέση γαλακτοπαραγωγή των πρωτότοκων προβατινών είναι $\mu=140$ kg.

Μία προβατίνα με γαλακτοπαραγωγή ίση με 180 kg γάλακτος στην α' γαλακτική περίοδο, αναμένεται να αυξήσει τη γαλακτοπαραγωγή της κατά τη β' γαλακτική περίοδο κατά 16 kg.

Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται στο συντελεστή επαναληπτικότητας και προκύπτει ως

$$r_E \times (P - \mu) = 0,40 (180 - 140) = 16 \text{ kg γάλακτος.}$$

P: φαινοτυπική απόδοση προβατίνας και μ : μέση γαλακτοπαραγωγή των πρωτότοκων προβατινών στο ποίμνιο

Συντελεστής επαναληπτικότητας ω

Τα άτομα σε έναν πληθυσμό βρίσκονται σε διάφορες παραγωγικές περιόδους. Μπορεί να υπολογιστούν οι μέσοι όροι από n αποδόσεις του παρελθόντος και ο συντελεστής ω αυτών των μέσων όρων

$$\omega = \frac{n r_E}{1 - (n-1) r_E}$$

Ο συντελεστής ω : ισούται με το συντελεστή παλινδρόμησης της πραγματικής παραγωγικής ικανότητας ως προς το μέσο όρο n αποδόσεων του παρελθόντος

Συντελεστής επαναληπτικότητας ω

Όταν ο συντελεστής επαναληπτικότητας είναι μεγάλος, αρκεί μια απόδοση για την εκτίμηση της πραγματικής παραγωγικής ικανότητας των ζώων με καλή ακρίβεια. Αντίθετα όταν ο συντελεστής είναι μικρός απαιτούνται δύο ή περισσότερες αποδόσεις.

$$\omega = \frac{n r_E}{1 - (n-1) r_E}$$

Φαινοτυπικός συντελεστής συσχέτισης r_p

Φαινοτυπική συσχέτιση: όταν δύο ιδιότητες P_1 και P_2 στο ίδιο ζώο συσχετίζονται.

$$r_p = \frac{\text{Cov}(P_1, P_2)}{\sigma_{P1} \sigma_{P2}}$$

Αίτια:

- γενετικά (πλειοτροπία και σύνδεση)
- Περιβαλλοντικά (ο ίδιος παράγοντας επηρεάζει τις δύο ιδιότητες)
- Π.χ.:
 - Κατά βούληση διατροφή (βαθμός ανάπτυξης και βαθμός εναπόθεσης σωματικού λίπους)
 - Σιτηρέσια πλούσια σε ινώδεις ουσίες (μείωση αποδόσεων σε γάλα και αύξηση της λιποπεριεκτικότητας του γάλακτος)

Συντελεστής γενετικής συσχέτισης r_G

- Εκφράζει την ένταση της σχέσης μεταξύ των κληροδοτικών τιμών των δύο ιδιοτήτων

$$r_{A_1A_2} = \frac{\text{Cov}(A_1, A_2)}{\sigma_{A_1} \sigma_{A_2}}$$

Εκτιμάται από τη συνδιακύμανση συγγενών με
όμοιο τρόπο εκτίμησης όπως ο συντελεστής
κληρονομικότητας

Παραδείγματα συσχετίσεων

- Αρνητική γενετική συσχέτιση μεταξύ δύο ιδιοτήτων
 - Αριθμός αυγών και σωματικό βάρος στις όρνιθες
 - Ποιότητα και ποσότητα κρέατος
 - Γαλακτοπαραγωγή και λιποπεριεκτικότητα
 - Πάχος ραχιαίου υποδόριου λίπους και ποσοστό πλούσιων σε κρέας τεμαχίων
- Θετική γενετική συσχέτιση
 - Λιποπαραγωγή γάλακτος και γαλακτοπαραγωγή

Συντελεστής γενετικής συσχέτισης

αγελάδες	
Γαλακτοπαραγωγή / Λιποπεριεκτικότητα	-0,60 έως -0,20
Γαλακτοπαραγωγή / Λιποπαραγωγή	0,75 έως 0,95
χοίροι	
Πάχος ραχιαίου υποδόριου λίπους/ ποσοστό πλούσιων σε κρέας τεμαχίων	-0,85 έως -0,50
όρνιθες	
Αριθμός αυγών / βάρος αυγών	-0,50 έως -0,25
Αριθμός αυγών / σωματικό βάρος	-0,60 έως -0,20

$$P=G+U$$

Η βελτίωση των αποδόσεων των ζώων μπορεί να γίνει με 2 τρόπους:

- Βελτίωση του γενετικού υλικού (εφαρμογή ενός προγράμματος επιλογής)
 - Πολύπλοκη και μακρόχρονη διαδικασία
 - Μόνιμη πρόοδος
 - Διαδόσιμη (τεχνητή σπερματέγχυση)
 - Αποθηκεύσιμη (τράπεζες σπέρματος)
- Καλυτέρευση των όρων του περιβάλλοντος
 - Ταχεία, διαρκεί όσο ισχύουν οι βελτιωμένες συνθήκες
 - Δεν κληρονομείται

Γενετικές διαφορές στα χαρακτηριστικά των ζώων

- Μορφολογικά
- Παραγωγικά
- Φυσιολογικά
- Ηθολογικά κ.λ.π.

Οι γενετικές διαφορές υπάρχουν τόσο εντός ενός πληθυσμού όσο και μεταξύ των διαφόρων πληθυσμών

Δημιουργία ζώων με επιθυμητούς γονότυπους:

- αξιοποίηση των γενετικών διαφορών εντός του πληθυσμού
- αξιοποίηση των γενετικών διαφορών μεταξύ των πληθυσμών

Γενετική πρόοδος

- Καθαρόαιμη αναπαραγωγή
Αξιοποίηση της γενετικής
παραλλακτικότητας εντός του πληθυσμού
- Διασταυρώσεις
Αξιοποίηση της γενετικής
παραλλακτικότητας μεταξύ των
πληθυσμών

Γενετική πρόοδος

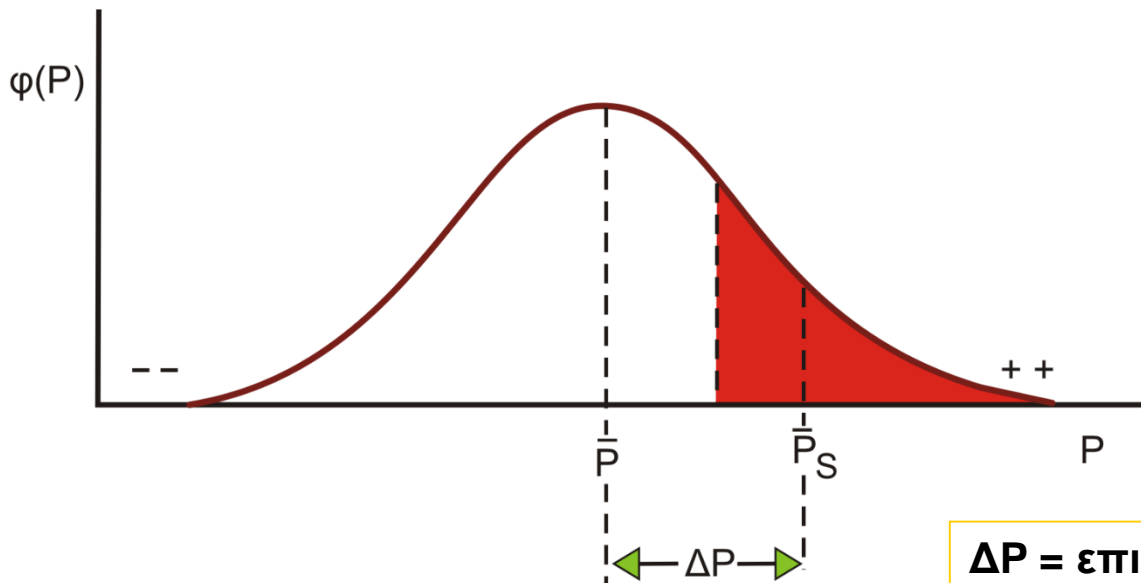
- **Καθαρόαιμη αναπαραγωγή**
 - εκτίμηση των κληροδοτικών τιμών
 - επιλογή ατόμων
 - επιλογή κατάλληλου συστήματος συζεύξεων
- **Διασταυρώσεις**
 - επιλογή των πλέον κατάλληλων πληθυσμών
 - επιλογή κατάλληλου σχεδίου συνδυασμού των πληθυσμών

Καθαρόαιμη αναπαραγωγή

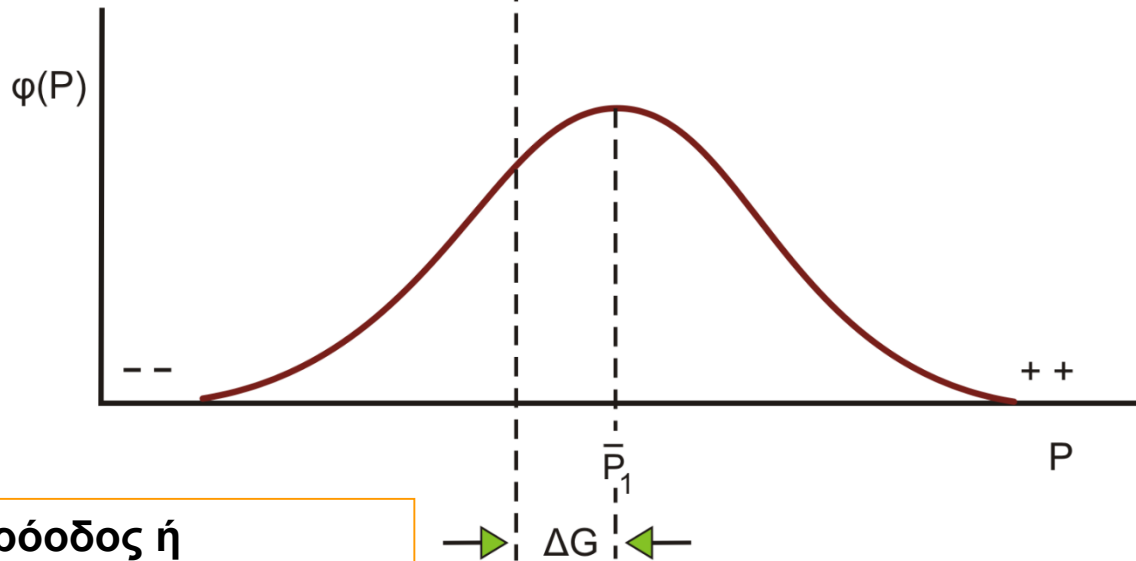
- Αξιοποιεί τις μέσες επιδράσεις των γονιδίων
- Στηρίζεται στη Γενική Κληροδοτική Τιμή
- Τα καλύτερα ζώα αναπαραγωγής είναι συνήθως και τα καλύτερα παραγωγικά
- Μικρή γενετική πρόοδος αλλά προσθετικής φύσεως
- Δημιουργεί εξευγενισμένες φυλές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διασταυρώσεις

Παραδείγματα φυλών

- 18^{ος} αιώνας (κεντρική Ευρώπη & Μεγάλη Βρετανία) - *Δημιουργία γενεαλογικών βιβλίων*
- Αγελάδα Jersey
- Καθαρόαιμο άλογο Αγγλίας
- Πρόβατο Merinos
- Αγελάδα Holstein
- Καθαρόαιμο άλογο Αραβίας



ΔP = επιλεκτική διαφορά ή
φαινοτυπική ανωτερότητα



ΔG = επιλεκτική πρόοδος ή
γενετική αλλαγή ή
αντίδραση πληθυσμού στην επιλογή

ΔG : επιλεκτική πρόοδος ανά γενεά

$$\Delta G = \sigma_A \times i \times r_{AI}$$

σ_A = τυπική απόκλιση των κληροδοτικών τιμών

i = ένταση επιλογής ($i = \Delta P / \sigma P$)

r_{AI} = ακρίβεια εκτίμησης των κληροδοτικών τιμών

$$\Delta G_{\text{ετήσια}} = \Delta G / T$$

Ετήσια επιλεκτική πρόοδος: $\Delta G_{\text{ετήσια}} = (\sigma_A \times i \times r_{AI}) / T$

T = μέση ηλικία των γονέων κατά την γέννηση των τέκνων τους που προορίζονται να τους αντικαταστήσουν (χρονικό διάστημα μεταξύ γενεών)

Παράδειγμα:

Σε ένα πληθυσμό χοίρων η μέση τιμή του πάχους του ραχιαίου υποδορίου λίπους ανέρχεται σε 30 mm.

Ο συντελεστής κληρονομικότητας για την ιδιότητα ανέρχεται σε $h^2=0,40$.

Ποια είναι η αναμενόμενη μέση τιμή στην επόμενη γενεά εάν επιλέγονται ως γονείς τα άτομα με μέση τιμή 20 mm;

- Επιλεκτική πρόοδος ή αντίδραση στην επιλογή ή γενετική αλλαγή:
- $\Delta G = h^2 \cdot \Delta P = h^2 \cdot (P_s - P_{\text{mean}})$
- $0,40 \cdot (20 - 30) = 0,40 \cdot (-10) = -4$ mm.
- Μέσος όρος γενεάς απογόνων ($\mu_{\alpha\pi}$):
- $\mu_{\alpha\pi} = \mu + \Delta G = 30 + (-4) = 26$ mm.

Συσχετισμένη αντίδραση στην επιλογή

Παράδειγμα: Έστω ότι σε ένα πληθυσμό γαλακτοπαραγωγών προβάτων διενεργείται ατομική επιλογή για την ιδιότητα της γαλακτοπαραγωγής (Γ). Να υπολογιστεί η συσχετισμένη αντίδραση στην επιλογή για την ιδιότητα της λιποπεριεκτικότητας (Λ) του γάλακτος. Δίνονται:

Ιδιότητα	h^2	σ_P	r_A
Γ (kg) (1)	0,25	41	-0,25
Λ (%) (2)	0,45	5,7	

Έστω ότι το ποσοστό επιλογής ανέρχεται σε 40% ($i=1$).

Συσχετισμένη αντίδραση στη επιλογή

Ιδιότητα	h^2	σ_p	r_A
Γ (kg) (1)	0,25	41	-0,25
Λ (%) (2)	0,45	5,7	

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_p^2} \rightarrow \sigma_A^2 = h^2 \sigma_p^2 \rightarrow \sigma_A = \sqrt{h^2 \sigma_p^2} = \sqrt{h^2} \sigma_p$$

$$\sigma_{A_\Gamma} = \sqrt{0,25 \cdot 41} = 20,5 \text{ kg}$$

$$\sigma_{A_\Lambda} = \sqrt{0,45 \cdot 5,7} = 3,82 \%$$

$$\Delta G_{\Gamma} = \sigma_{A_\Gamma} i_{\Gamma} r_{A|\Gamma} = 20,5 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{0,25} = 10,25 \text{ kg}$$

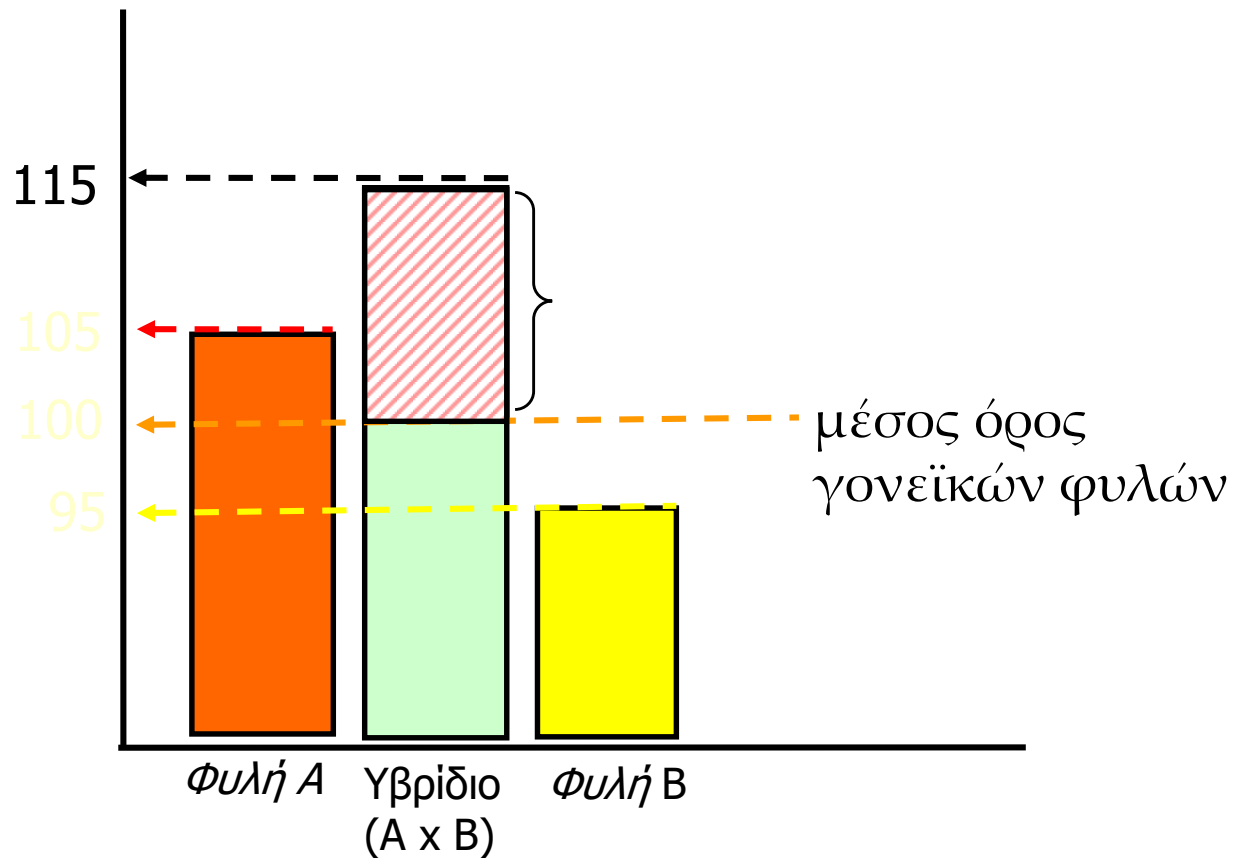
$$\Delta G_{\Lambda/\Gamma} = \sigma_{A_\Lambda} i_{\Gamma} r_{A|\Gamma} r_{A\Gamma\Lambda} = 3,82 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{0,25} \cdot (-0,25) = -0,48\%$$

Η εκτιμηθείσα αντίδραση στην επιλογή (ανά γενεά) πρέπει να διαιρεθεί διά 2 γιατί διενεργείται επιλογή μόνο στο ένα φύλο.

Διασταύρωση

- Μέθοδος βελτίωσης του γενετικού υλικού η οποία εκμεταλλεύεται συμπληρωματικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών (εκμεταλλεύεται την ετέρωση)
- Το ζωικό υλικό χωρίζεται σε ζώα αναπαραγωγά και ζώα χρήσεως
- Επιτυγχάνεται μεγάλη γενετική πρόοδος που είναι όμως πρόσκαιρη
- Ευέλικτη μέθοδος για ταχύτερη προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος και της αγοράς

Η ετέρωση εκφράζεται είτε ως ποσοστό του μέσου όρου των γονεϊκών φυλών (mid-parent heterosis) ή του καλύτερου γονέα (better parent heterosis)



Είδη διασταυρώσεων

- Σκοπός:

- αλλαγή της γενετικής δομής του πληθυσμού
 - Αναβαθμίσεως
 - Συνδυασμού
 - Εκτοπισμού

- Σκοπός:

- δημιουργία υβριδίων χρήσεως
 - Ασυνεχείς
 - Συνεχείς
 - Εναλλακτική
 - Κυκλική
 - Τροποποιημένη κυκλική

Διασταύρωση αναβαθμίσεως

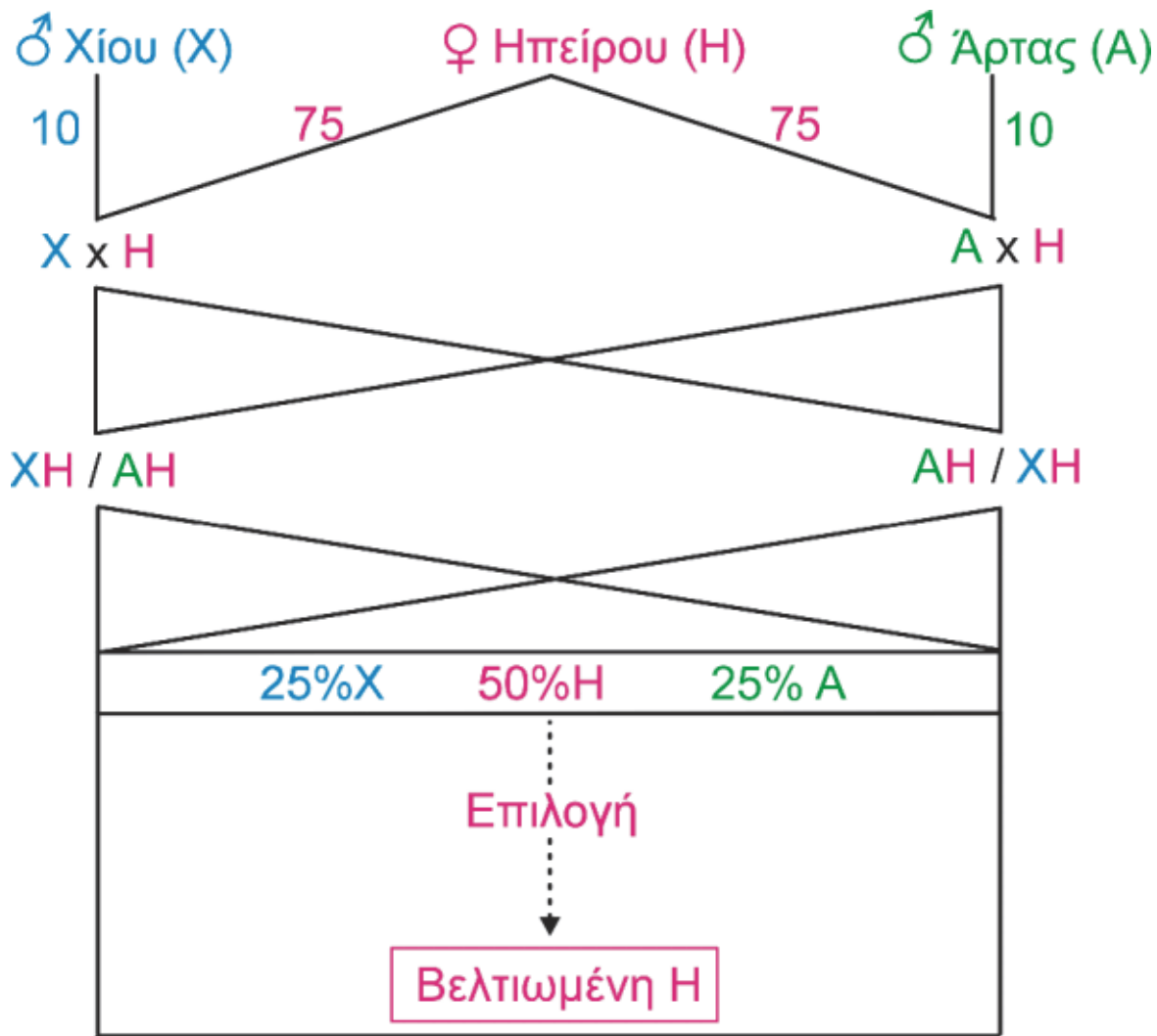
- Πως: Εισαγωγή γενετικού υλικού στον εγχώριο πληθυσμό από ξένο πληθυσμό σε μικρή κλίμακα
- Γιατί: Σκοπός είναι η αναβάθμιση μίας ή περισσότερων ιδιοτήτων του εγχώριου πληθυσμού χωρίς να αλλοιωθεί η γονιδιακή δεξαμενή του
- Πότε: για την άρση των επιπτώσεων της ομοειξίας σε πληθυσμούς με μικρό δραστικό μέγεθος

Διασταύρωση συνδυασμού

- Πως: Εισαγωγή γενετικού υλικού στον εγχώριο πληθυσμό σε μεσαία κλίμακα από έναν ή περισσότερους ξένους πληθυσμούς
- Γιατί: Σκοπός είναι η δημιουργία νέου συνθετικού πληθυσμού ο οποίος στη συνέχεια βελτιώνεται με επιλογή
 - Πολλές σημαντικές φυλές έχουν δημιουργηθεί με αυτό τον τρόπο

Διασταύρωση συνδυασμού

Παράδειγμα: Σχέδιο συζεύξεων για τη δημιουργία ενός συνθετικού πληθυσμού προβάτων με γενετική σύνθεση: 25% Χίου / 50% Ηπείρου / 25% Άρτας



Διασταύρωση εκτοπισμού

- Πως: Εισαγωγή γενετικού υλικού στον εγχώριο πληθυσμό σε μεγάλη κλίμακα από ξένο πληθυσμό
- Γιατί: Ο διασταυρωμένος πληθυσμός να αποκτήσει όμοια μορφολογικά και παραγωγικά χαρακτηριστικά με τον ξένο πληθυσμό
- Προϋπόθεση: η ξένη φυλή να προσαρμόζεται εύκολα στις συνθήκες περιβάλλοντος όπου πραγματοποιεί τις αποδόσεις της η εγχώρια.

Διασταύρωση εκτοπισμού της φυλής A από τη φυλή B

Γονότυπος		Γενεά	Αναλογία φυλής	
Πατέρων	Μητέρων		A	B
B	A	1	0,5	0,5
B	$\frac{1}{2}$ A $\frac{1}{2}$ B	2	0,25	0,75
B	$\frac{1}{4}$ A $\frac{3}{4}$ B	3	0,125	0,875
B	$\frac{1}{8}$ A $\frac{7}{8}$ B	4	0,063	0,937
B	$\frac{1}{16}$ A $\frac{15}{16}$ B	5	0,031	0,969
B		6		

Διασταύρωση εκτοπισμού

- Παράδειγμα:
 - Δημιουργία της ελληνικής φυλής αγελάδων «Φαιάς των Άλπεων»

Διασταυρώσεις χρήσεως

- Ασυνεχείς

- Απλή δύο σειρών
- Αναδιασταύρωση
- Διασταύρωση 3 σειρών

- Συνεχείς

- Εναλλακτική
- Κυκλική
- Τροποποιημένη εναλλακτική

Ασυνεχείς διασταυρώσεις χρήσεως

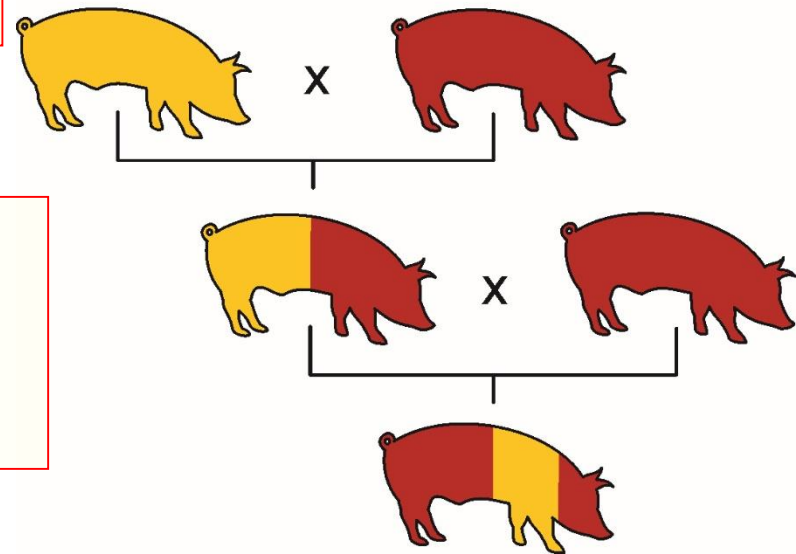
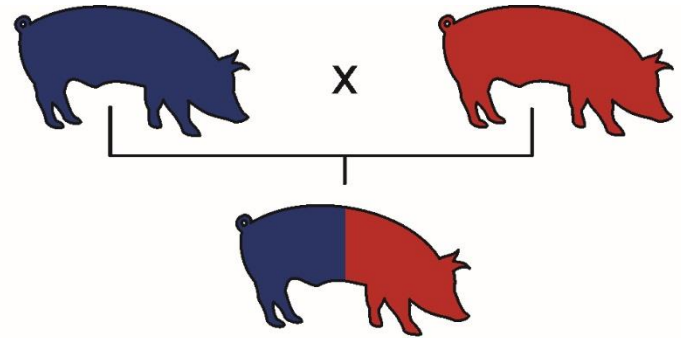
Διασταύρωση 2 φυλών:

αξιοποιούνται οι συμπληρωματικές διαφορές των 2 φυλών. Παραδείγματα:

- ♂ Pietrain X ♀ Large White

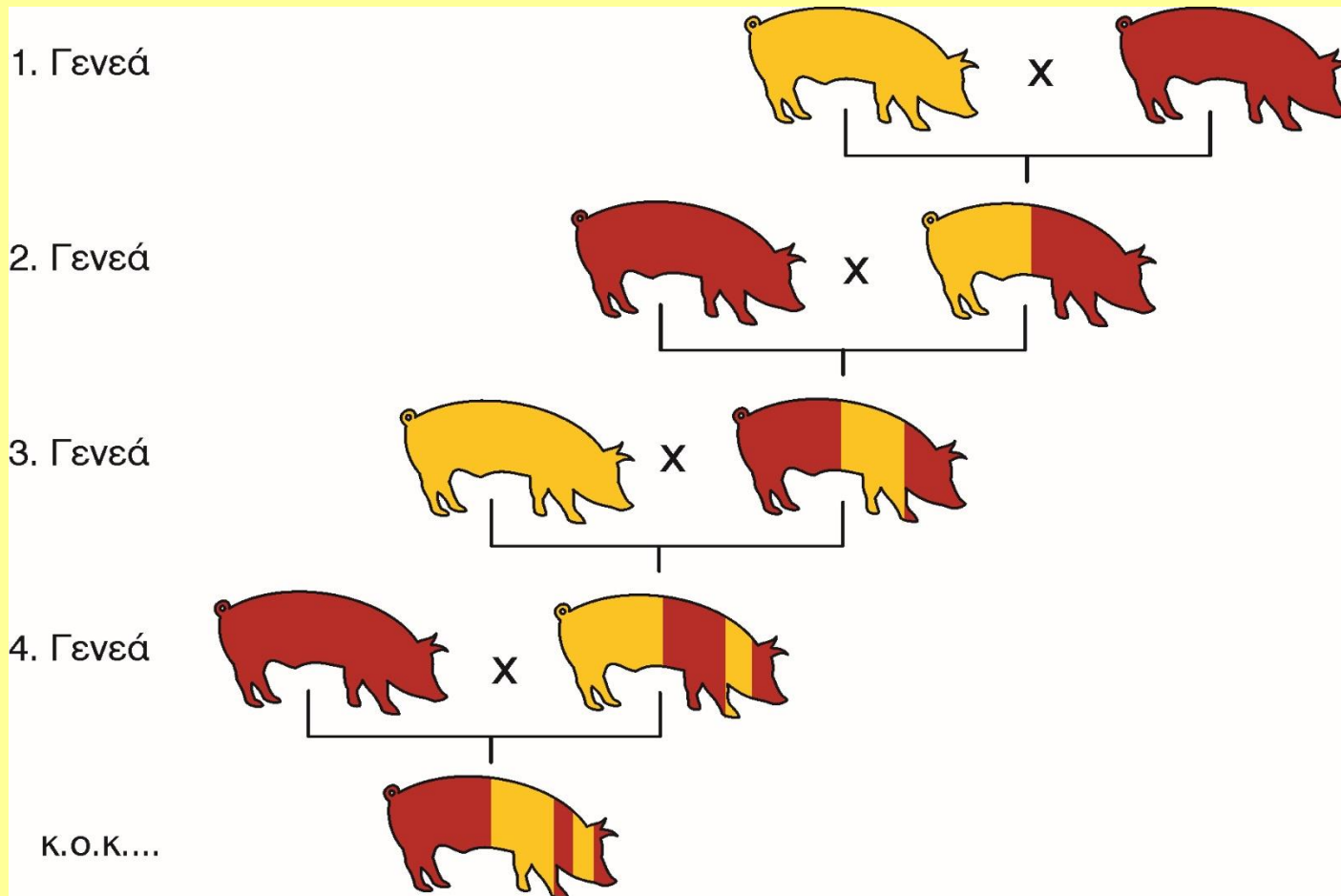
Μεγάλη ανάπτυξη μυικών μαζών X
χοιρομητέρες γόνιμων φυλών

- Κριοί από πεδινά πρόβατα κρεοπαραγωγά X
προβατίνες λιτοδίαιτες ορεινές (Μ. Βρετανία)



Αναδιασταύρωση: διασταυρωμένα θηλυκά
προερχόμενα από τη διασταύρωση 2 σειρών με
αρσενικά άτομα μιας από τις αρχικές σειρές ή
φυλές

Συνεχείς διασταυρώσεις χρήσεως



Εναλλακτική διασταύρωση

Βιβλιογραφία

- Ρογδάκης Εμμ. (2006): κεφάλαια 5 και 9 από «Γενική Ζωοτεχνία», εκδόσεις Αθ. Σταμούλης
- Ρογδάκης Εμμ. (2008): κεφάλαιο 10 από «Γενετική Βελτίωση Αγροτικών Ζώων», εκδόσεις Αθ. Σταμούλης

Λέξεις-έννοιες κλειδιά

- Φαινοτυπική τιμή, γονοτυπική τιμή, κληροδοτική τιμή, γενετική συνδιακύμανση, συσχέτιση, συντελεστής κληρονομικότητας, συντελεστής επαναληπτικότητας, φαινοτυπικός συντελεστής συσχέτισης, γενετική συσχέτιση, επιλογή, ένταση επιλογής, ακρίβεια εκτίμησης κληροδοτικών τιμών, γενετική πρόοδος, χρονικό διάστημα μεταξύ γενεών, αμιγής αναπαραγωγή, διασταύρωση, μητρικές φυλές, πατρικές φυλές, προγράμματα διασταυρώσεων, ετέρωση, ομομειξία
- Phenotypic value, genotypic value, breeding value, genetic covariance, heritability coefficient, repeatability coefficient, phenotypic coefficient of correlation, genetic correlation, selection, selection intensity, generation interval, pure breeding, crossbreeding, maternal breeds, sire breeds, crossbreeding programs, heterosis, inbreeding

Ερωτήσεις κατανόησης

- Τι εκφράζει η γονοτυπική τιμή;
- Αναφέρατε τα συστατικά της γονοτυπικής τιμής σε μία ποσοτική ιδιότητα
- Δώστε τα συστατικά της φαινοτυπικής διακύμανσης σε μία ποσοτική ιδιότητα
- Τι εκφράζει ο συντελεστής κληρονομικότητας με τη στενή έννοια;
- Τι εκφράζει ο συντελεστής κληρονομικότητας με την ευρεία έννοια;
- Τι εκφράζει ο συντελεστής επαναληπτικότητας για μία ιδιότητα;

Ερωτήσεις κατανόησης

- Για ποιους λόγους εμφανίζονται φαινοτυπικές συσχετίσεις σε ζεύγη ιδιοτήτων με οικονομική σημασία στη ζωική παραγωγή;
- Δώστε ένα παράδειγμα ζεύγους ιδιοτήτων με οικονομική σημασία που εκδηλώνουν αρνητική συσχέτιση από την ορνιθοτροφία
- Από τι εξαρτάται η επιλεκτική πρόοδος σε μία ποσοτική ιδιότητα ;
- Ποιες κύριες διαδικασίες απαιτούνται για την επιτυχή εφαρμογή της καθαρόαιμης αναπαραγωγής ως μεθόδου βελτίωσης του γενετικού υλικού;
- Ποιο γενετικό φαινόμενο εκμεταλλευόμαστε όταν εφαρμόζουμε τη μέθοδο της διασταύρωσης;