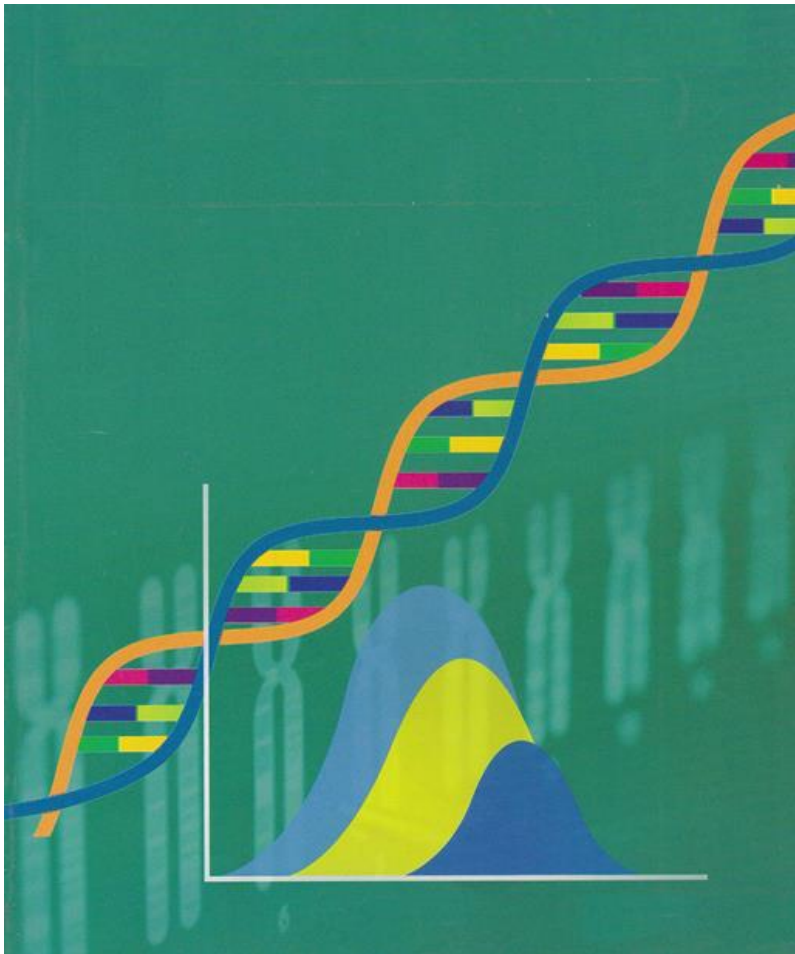


# ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ & ΕΞΕΛΙΞΗ



Η εξέλιξη των ποσοτικών γνωρισμάτων

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

*Ιωάννης Τοκατλίδης*



# ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Σε ένα πληθυσμό η συχνότητα των αλληλομόρφων είναι 0,3 για το  $A_1$  και 0,7 για το  $A_2$ . Η φαινοτυπική τους τιμή είναι 2 για το  $A_1$  και 1 για το  $A_2$ . Μετά από επιλεκτική πίεση υπέρ του αλληλομόρφου  $A_1$ , η συχνότητά του γίνεται 0,9. Να βρεθεί η φαινοτυπική τιμή στον πληθυσμό πριν και μετά τη εξέλιξη. Ποια η εξελικτική μεταβολή;

αλληλόμορφα	συχνότητα πριν την επιλογή	συχνότητα μετά την επιλογή	φαινοτυπική τιμή
$A_1$	$p = 0,3$	$p = 0,9$	2
$A_2$	$q = 0,7$	$q = 0,1$	1

Αρχικός πληθυσμός:

Γονότυποι	Συχνότητα	φαιν. τιμή	συμβολή
$1A_1 A_1$	0,09 ( $p^2$ )	4	0,36
$2A_1 A_2$	0,42 ( $2pq$ )	3	1,26
$1A_2 A_2$	0,49 ( $q^2$ )	2	0,98
Πληθυσμός			2,6

Πληθυσμός μετά την εξέλιξη:

Γονότυποι	Συχνότητα	φαιν. τιμή	συμβολή
$1A_1 A_1$	0,81 ( $p^2$ )	4	3,24
$2A_1 A_2$	0,18 ( $2pq$ )	3	0,54
$1A_2 A_2$	0,01 ( $q^2$ )	2	0,02
Πληθυσμός			3,8

Η φαινοτυπική τιμή του πληθυσμού είναι 2,6 πριν την εξέλιξη και 3,8 μετά την εξέλιξη

Εξελικτική μεταβολή:  $3,8 - 2,6 = 1,2$

2. Στον πληθυσμό της άσκησης 1, εκτός από τα αλληλόμορφα τα αλληλόμορφα  $A_1$  και  $A_2$  στο γνώρισμα εμπλέκονται και τα αλληλόμορφα  $B_1$  και  $B_2$ , με φαινοτυπική τιμή 0 και 3, αντίστοιχα. Αν η συχνότητα τους αρχικά είναι 0,8 και 0,2, ενώ μετά την εξέλιξη μεταβάλλεται σε 0,4 και 0,6, να βρεθεί η φαινοτυπική τιμή στον πληθυσμό πριν και μετά τη εξέλιξη

αλληλόμορφα	συχνότητα πριν την επιλογή	συχνότητα μετά την επιλογή	φαινοτυπική τιμή
$A_1$	0,3	0,9	2
$A_2$	0,7	0,1	1
$B_1$	0,8	0,4	0
$B_2$	0,2	0,6	3

γονότυποι	συχνότητα πριν την επιλογή	συχνότητα μετά την επιλογή	φαιν. τιμή	συμβολή πριν την επιλογή	συμβολή μετά την επιλογή
$1A_1A_1B_1B_1$	$0,3^2 \cdot 0,8^2 = 0,0576$	$0,9^2 \cdot 0,4^2 = 0,1296$	4	0,2304	0,5184
$2A_1A_1B_1B_2$	$2(0,3^2 \cdot 0,8 \cdot 0,2) = 0,0288$	$2(0,9^2 \cdot 0,4 \cdot 0,6) = 0,3888$	7	0,2016	2,7216
$1A_1A_1B_2B_2$	$0,3^2 \cdot 0,2^2 = 0,0036$	$0,9^2 \cdot 0,6^2 = 0,2916$	10	0,036	2,916
$2A_1A_2B_1B_1$	$2(0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,8^2) = 0,2688$	$2(0,9 \cdot 0,1 \cdot 0,4^2) = 0,0288$	3	0,8064	0,0864
$4A_1A_2B_1B_2$	$4(0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,2) = 0,1344$	$4(0,9 \cdot 0,1 \cdot 0,4 \cdot 0,6) = 0,0864$	6	0,8064	0,5184
$2A_1A_2B_2B_2$	$2(0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,2^2) = 0,0168$	$2(0,9 \cdot 0,1 \cdot 0,6^2) = 0,0648$	9	0,1512	0,5832
$1A_2A_2B_1B_1$	$0,7^2 \cdot 0,8^2 = 0,3136$	$0,1^2 \cdot 0,4^2 = 0,0016$	2	0,6272	0,0032
$2A_2A_2B_1B_2$	$2(0,7^2 \cdot 0,8 \cdot 0,2) = 0,1568$	$2(0,1^2 \cdot 0,4 \cdot 0,6) = 0,0048$	5	0,784	0,024
$1A_2A_2B_2B_2$	$0,7^2 \cdot 0,2^2 = 0,0196$	$0,1^2 \cdot 0,6^2 = 0,0036$	8	0,1568	0,0288
ΣΥΝΟΛΟ	1	1		3,8	7,4

Η φαινοτυπική τιμή του πληθυσμού είναι 3,8 πριν την εξέλιξη και 7,4 μετά την εξέλιξη

3. Η συνολική γενετική διακύμανση για ένα γνώρισμα είναι  $50 \text{ gr}^2$ , ο συντελεστής κληρονομικότητας υπό την ευρεία έννοια είναι  $H^2=0,5$  και υπό τη στενή έννοια  $h^2=0,4$ , ποια είναι η συνολική φαινοτυπική διακύμανση και ποια τα συστατικά της; Σε ποια επίπεδα θεωρητικά κυμαίνεται η κληρονομικότητα του γνωρίσματος;

$$G = 50 \text{ gr}^2, H^2=0,5, h^2=0,4, \text{ όπου } H^2=G/P \text{ και } h^2=G_a/P$$

Απάντηση

Η συνολική φαινοτυπική διακύμανση:  $P = G / H^2 = 50 \text{ gr}^2 / 0.5 = 100 \text{ gr}^2$

Η αθροιστική γενετική διακύμανση:  $G_a = P * h^2 = 100 \text{ gr}^2 * 0,4 = 40 \text{ gr}^2$

Μη αθροιστική γενετική διακύμανση:  $G_{de} = G - G_a = 50 - 40 = 10 \text{ gr}^2$

Μη γενετική (περιβαλλοντική) διακύμανση:  $E = P - G = 100 - 50 = 50 \text{ gr}^2$

Συστατικά της P:  $100 \text{ gr}^2 (P) = 10 \text{ gr}^2 (G_{de}) + 40 \text{ gr}^2 (G_a) + 50 \text{ gr}^2 (E)$

Η κληρονομικότητα του γνωρίσματος είναι μεγαλύτερη του 40% και έως 50% (αυτούσια κληρονόμηση της αθροιστικής και μερική κληρονόμηση της μη αθροιστικής γενετικής διακύμανσης)

4. Το φυτικό είδος *Achillea millefolium* spp φύεται σε διάφορα υψόμετρα μετά από προσαρμογή στο ύψος του φυτού. Σε πληθυσμό σε ενδιάμεσο υψόμετρο εκτιμήθηκε το μέσο ύψος 30 cm με τυπική απόκλιση 10,5 cm. α) Μετακινήθηκε σε μεγαλύτερο υψόμετρο και το ύψος του φυτού μετρήθηκε 20 cm με διακύμανση 49 cm<sup>2</sup>. β) Μετακινήθηκε και σε μικρότερο υψόμετρο και το ύψος φυτού διαφοροποιήθηκε σε 40 cm με διακύμανση 64 cm<sup>2</sup>. Τι είδους εξέλιξη/προσαρμογή παρατηρήθηκε;

**Ενδιάμεσο υψόμετρο:  $\mu = 30$  cm,  $\sigma = 10,5$  cm,  $CV = 10,5 / 30 = 0,35$  (35%)**

Απάντηση

$$\alpha) \mu' = 20 \text{ cm}, \sigma' = \sqrt{49} \text{ cm}, \quad CV' = 7 / 20 = 0,35 \text{ (35\%)}$$

$$\beta) \mu' = 40 \text{ cm}, \sigma' = \sqrt{64} \text{ cm}, \quad CV' = 8 / 40 = 0,20 \text{ (20\%)}$$

Στην περίπτωση (α) είναι κατευθύνουσα αρνητική (μείωση μέσης τιμής χωρίς να διαφοροποιηθεί η παραλλακτικότητα), ενώ στη περίπτωση (β) κατευθύνουσα θετική και σταθεροποιούσα (αύξηση μέσης τιμής και ταυτόχρονα μείωση παραλλακτικότητας)

5. Σε μελέτη για την επιλογή στο μήκος των ποδιών των μεταναστευτικών ακριδών, το μέσο μήκος ποδιού είναι 18,6 mm, η διαβάθμιση επιλογής είναι  $\beta = -0,13/\text{mm}$ , η φαινοτυπική διακύμανση είναι  $P = 1,4 \text{ mm}^2$  και η κληρονομησιμότητα είναι  $H^2 = 0,37$ . α) Ποια είναι η αναμενόμενη απόκριση στην επιλογή στην επόμενη γενιά; β) Πόσο προβλέπεται να είναι το μέσο μήκος ποδιού στην επόμενη γενιά; Μπορείτε να εκτιμήσετε (γ) τη γενετική διακύμανση και (δ) την περιβαλλοντική διακύμανση στον πληθυσμό κατά την επιλογή; ε) Το διαφορικό επιλογής; στ) Τη μέση τιμή των γονέων που επιλέχτηκαν; ζ) Πώς θα χαρακτηρίζατε την εξέλιξη;

Απάντηση  $\bar{z} = 18,6 \text{ mm}, \beta = -0,13/\text{mm}, P = 1,4 \text{ mm}^2, H^2 = 0,37$

α) Απόκριση:  $\Delta\bar{z} = H^2 P\beta = 0,37 * 1,4 \text{ mm}^2 * (-0,13/\text{mm}) = -0,06734 \text{ mm}$

β) Μέσο μήκος στην επόμενη γενιά:  $\bar{z}' = \bar{z} + \Delta\bar{z} = 18,6 \text{ mm} - 0,06734 = 18,53 \text{ mm}$

γ) Γενετική διακύμανση:  $G = H^2 P = 0,37 * 1,4 \text{ mm}^2 = 0,518 \text{ mm}^2$

δ) Περιβαλλοντική διακύμανση:  $E = P - G = 1,4 - 0,518 = 0,882 \text{ mm}^2$

ε) Διαφορικό επιλογής:  $S = P\beta = 1,4 \text{ mm}^2 * (-0,13/\text{mm}) = -0,182 \text{ mm}$

στ) Η μέση τιμή των γονέων που επιλέχτηκαν:  $\bar{z}^* = \bar{z} + S = 18,6 - 0,182 = 18,418 \text{ mm}$

ζ) Η εξέλιξη δείχνει κατευθύνουσα αρνητική

6. Στον ίδιο πληθυσμό ακριδών, το μέσο μήκος του φτερού είναι 47 mm, η διαβάθμιση επιλογής για το μήκος του φτερού είναι  $\beta = 0,12/\text{mm}$ , η φαινοτυπική διακύμανση για το μήκος φτερού είναι  $P = 3,6 \text{ mm}^2$  και η κληρονομησιμότητα του μήκους φτερού είναι  $H^2 = 0,27$ . Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι η γενετική συνδιακύμανση μεταξύ του μήκους φτερού και του μήκους ποδιού είναι  $0,6 \text{ mm}^2$ . i) Ποια είναι η αναμενόμενη έμμεση εξελικτική αλλαγή στο μέσο μήκος του ποδιού εξαιτίας της επιλογής στα φτερά; ii) Ποια είναι η αναμενόμενη έμμεση εξελικτική αλλαγή στο μέσο μήκος των φτερών εξαιτίας της επιλογής στα πόδια; iii) Ποιο από τα δύο γνωρίσματα επηρεάζεται περισσότερο από έμμεση επιλογή του άλλου και ποιο είναι το μέτρο που το αντανακλά; iv) Ποια είναι η αναμενόμενη εξελικτική αλλαγή στο μέσο μήκος του ποδιού λόγω επιλογής τόσο στα φτερά όσο και στα πόδια; v) Επαναλάβετε τους υπολογισμούς αυτούς για να προβλέψετε τι θα συμβεί στο μήκος του φτερού ως αποτέλεσμα της επιλογής τόσο στα φτερά όσο και στα πόδια. vi) Ποιο προβλέπετε ότι θα είναι το μέσο μήκος φτερών και ποδιών στην επόμενη γενιά; vii) Πώς θα χαρακτηρίζατε την εξέλιξη των δύο γνωρισμάτων; viii) Τα δύο γνωρίσματα συνδέονται θετικά ή αρνητικά;

$$\text{Μήκος ποδιών (A): } \bar{z}_A = 18,6 \text{ mm}, \beta_A = -0,13/\text{mm}, P_A = 1,4 \text{ mm}^2, H^2_A = 0,37$$

$$\text{Μήκος φτερού (B): } \bar{z}_B = 47 \text{ mm}, \beta_B = 0,12/\text{mm}, P_B = 3,6 \text{ mm}^2, H^2_B = 0,27,$$

$$\text{Απάντηση Συνδιακύμανση: } G_{AB} = 0,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{i) Έμμεση εξελικτική μεταβολή στο A λόγω επιλογής στο B: } G_{AB} \beta_B = 0,6 \text{ mm}^2 * (0,12/\text{mm}) = 0,072 \text{ mm}$$

$$\text{ii) Έμμεση εξελικτική μεταβολή στο B λόγω επιλογής στο A: } G_{AB} \beta_A = 0,6 \text{ mm}^2 * (-0,13/\text{mm}) = -0,078 \text{ mm}$$

iii) Το γνώρισμα B επηρεάζεται περισσότερο από έμμεση επιλογή και αυτό αντανακλάται στη μεγαλύτερη (απόλυτη) τιμή του  $\beta_A$  (η άμεση επιλογή είναι δραστηριότερη στο A και συμπαρασύρει ανάλογα το B)

iv) Η συνολική εξελικτική μεταβολή στο A θα είναι αποτέλεσμα άμεσης επιλογής (η πρώτη παρένθεση στην εξίσωση) και έμμεσης επιλογής στο B (2<sup>η</sup> παρένθεση):

$$\Delta \bar{z}_A = (H^2_A * P_A * \beta_A) + (G_{AB} * \beta_B) = -0,06734 \text{ mm} + 0,072 \text{ mm} = 0,00466 \text{ mm}$$

$$\text{v) Με τον ίδιο τρόπο για το B: } \Delta \bar{z}_B = (H^2_B * P_B * \beta_B) + (G_{AB} * \beta_A) = 0,11664 - 0,078 = 0,03864 \text{ mm}$$

$$\text{vi) Μέσο μήκος ποδιών στην επόμενη: } \bar{z}_A + \Delta \bar{z}_A = 18,6 + 0,00466 = 18,60466 \text{ mm}$$

$$\bullet \text{ Μέσο μήκος φτερών στην επόμενη: } \bar{z}_B + \Delta \bar{z}_B = 47 + 0,03864 = 47,03864 \text{ mm}$$

vii) Παρόλο που για τα πόδια η άμεση εξέλιξη είναι αρνητική ( $\beta < 0$ ), η συνολική είναι θετική λόγω μεγαλύτερης επίδρασης από την έμμεση εξέλιξη (ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ). Στα φτερά άμεση, έμμεση και συνολική είναι θετική

viii) Τα δύο γνωρίσματα συνδέονται θετικά από τη στιγμή που έχουν θετική συνδιακύμανση. Άμεση επιλογή στο A μειώνει την μέση τιμή στο A και στο B, και αντίστροφα άμεση επιλογή στο B αυξάνει την μέση τιμή στο B και στο A

7. Η γενετική διακύμανση (G) για το γνώρισμα A είναι  $49 \text{ gr}^2$  και το γνώρισμα B  $100 \text{ mm}^2$ , με συντελεστή διαβάθμισης ( $\beta$ )  $+0.5/\text{gr}$  και  $-3/\text{mm}$ , αντίστοιχα. Τα δύο γνώρισμα συνδέονται με συντελεστή συσχέτισης  $r = -0,5$ . Ποια είναι η συνδιακύμανση; Ποια είναι η άμεση και έμμεση εξελικτική μεταβολή για το A και B. Ποια η αναμενόμενη εξελικτική μεταβολή για το A και B. Τα γνώρισμα συνδέονται θετικά ή αρνητικά, πως αυτό απεικονίζεται στα αποτελέσματα

$$(A): G_A = 49 \text{ gr}^2, \beta_A = +0,5/\text{gr}, \quad (B): G_B = 100 \text{ mm}^2 \beta_B = -3/\text{mm} \quad r = -0,5$$

Απάντηση

Συνδιακύμανση: Είναι το γινόμενο του συντελεστή συσχέτισης με την τυπική απόκλιση (τετραγωνική ρίζα διακύμανσης) των δύο γνωρισμάτων:  $G_{A,B} = r * \sigma_A * \sigma_B = (-0,5) * 7 \text{ gr} * 10 \text{ mm} = -35 \text{ grmm}$

Άμεση μεταβολή:      A:  $G_A * \beta_A = 49 \text{ gr}^2 * (+0,5/\text{gr}) = 24,5 \text{ gr}$

B:  $G_B * \beta_B = 100 \text{ mm}^2 * (-3/\text{mm}) = -300 \text{ mm}$

Έμμεση μεταβολή:      A:  $G_{A,B} * \beta_B = (-35 \text{ grmm}) * (-3/\text{mm}) = 105 \text{ gr}$

B:  $G_{A,B} * \beta_A = (-35 \text{ grmm}) * (+0,5/\text{gr}) = -17,5 \text{ mm}$

Αναμενόμενη εξελικτική μεταβολή:      A:  $\Delta \bar{Z}_A = 24,5 + 105 = 129,5 \text{ gr}$

B:  $\Delta \bar{Z}_B = -300 - 17,5 = -317,5 \text{ mm}$

Τα γνώρισμα συνδέονται αρνητικά όπως δείχνει το πρόσημο στη συνδιακύμανση. Στα αποτελέσματα απεικονίζεται από το γεγονός ότι η άμεση θετική μεταβολή στο A επιφέρει έμμεση αρνητική στο B, ενώ η άμεση αρνητική στο B επιφέρει έμμεση θετική στο A