



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



Βιωσιμότητα και γενετική ποικιλότητα μικρών πληθυσμών

Κώστας Θεοδώρου, Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

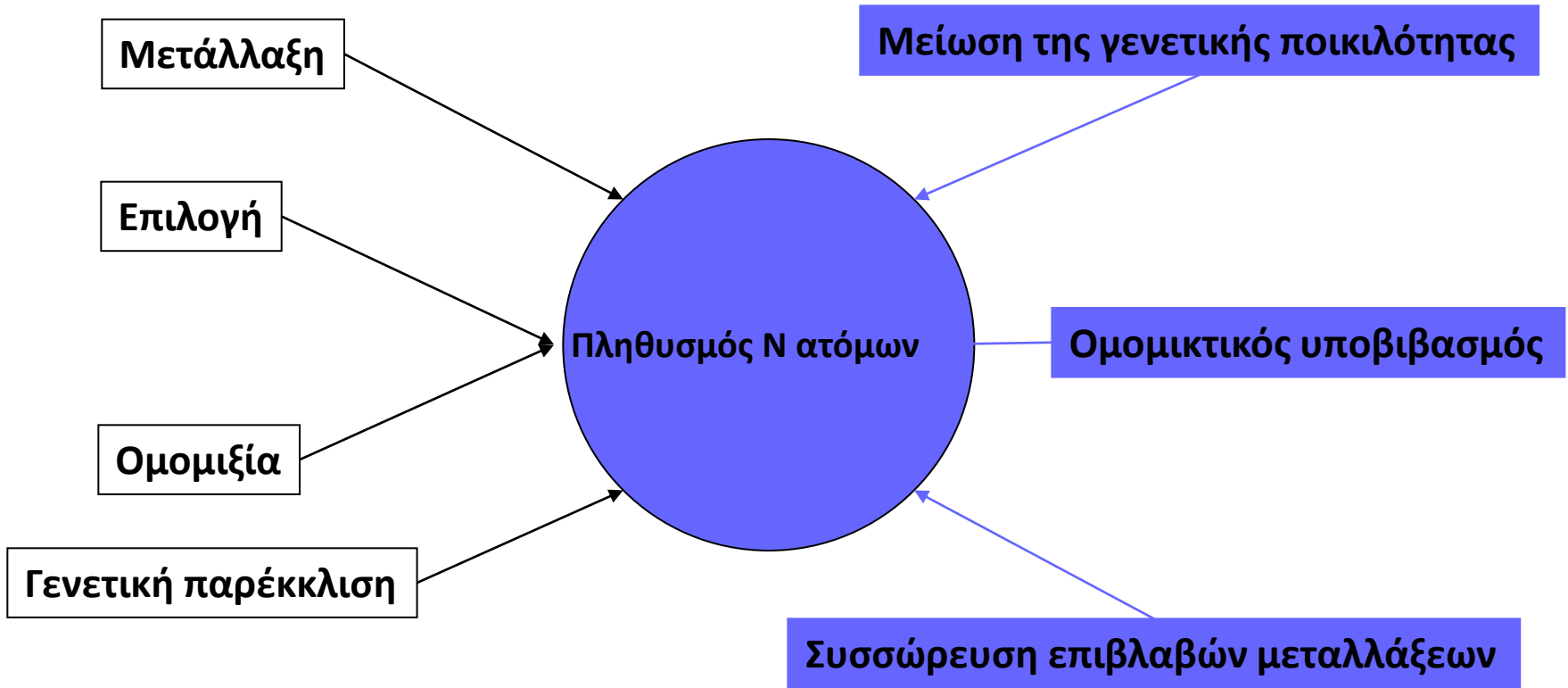
Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



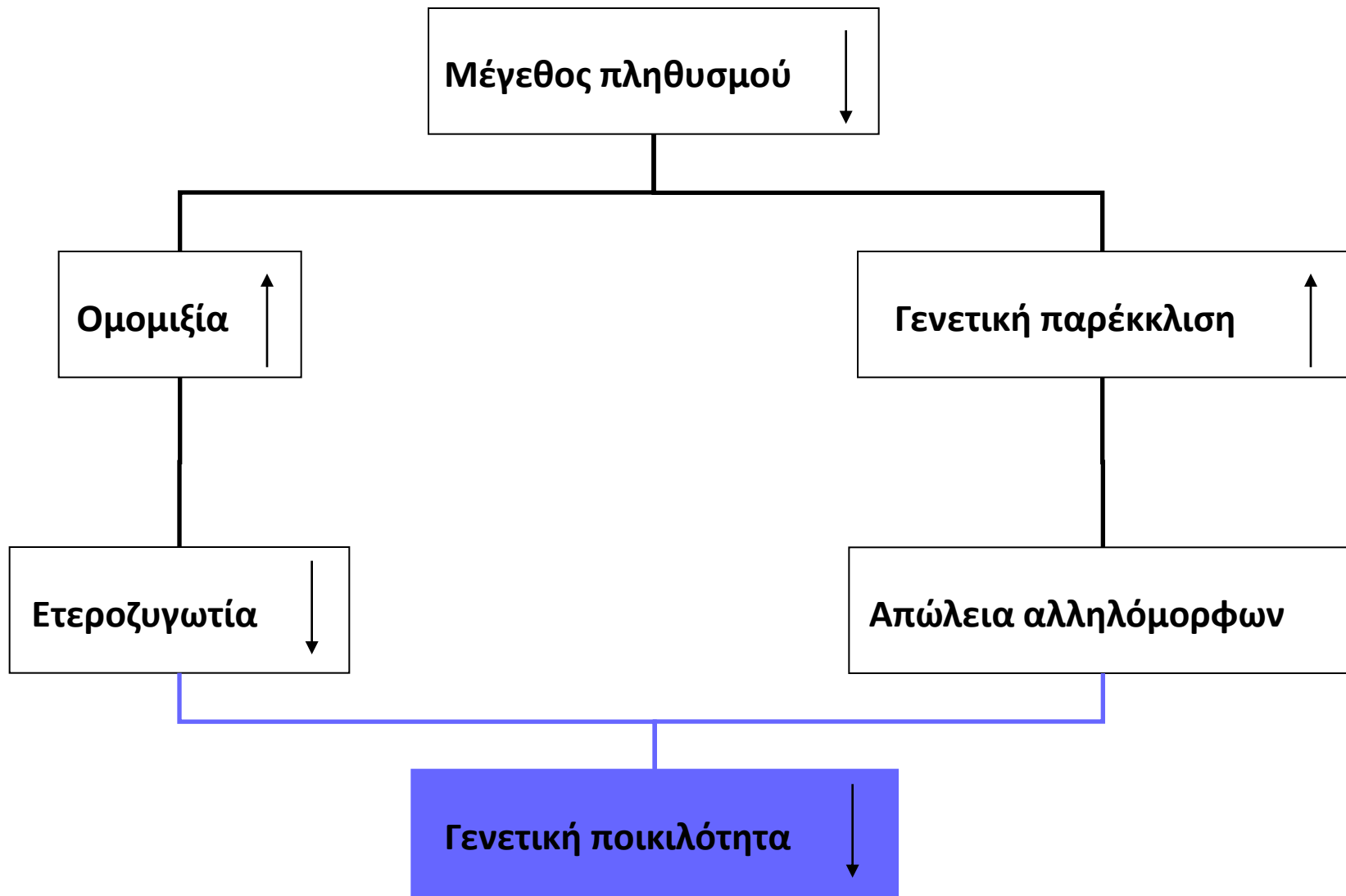
Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Συνέπειες των γενετικών διεργασιών σε μικρούς πληθυσμούς



Μείωση της Γενετικής Ποικιλότητας



Γενετική ποικιλότητα και προσαρμογή

4 Πειραματικοί πληθυσμοί *Drosophila melanogaster* 500 ατόμων:

Outbred :

- Ίδρυση από 500 άτομα - Τυχαίες διασταυρώσεις

1B :

- Ίδρυση από διασταύρωση ενός ζευγαριού
- Ακολούθησαν 18 γενιές τυχαίων διασταυρώσεων
- Αναμενόμενη μείωση της ετεροζυγωτίας σε σχέση με το μη ομομικτικό πληθυσμό : 25%

3B :

- Ίδρυση από διασταύρωση επί τρεις γενιές ενός ζευγαριού
- Ακολούθησαν 18 γενιές τυχαίων διασταυρώσεων
- Αναμενόμενη μείωση της ετεροζυγωτίας σε σχέση με το μη ομομικτικό πληθυσμό : 50%

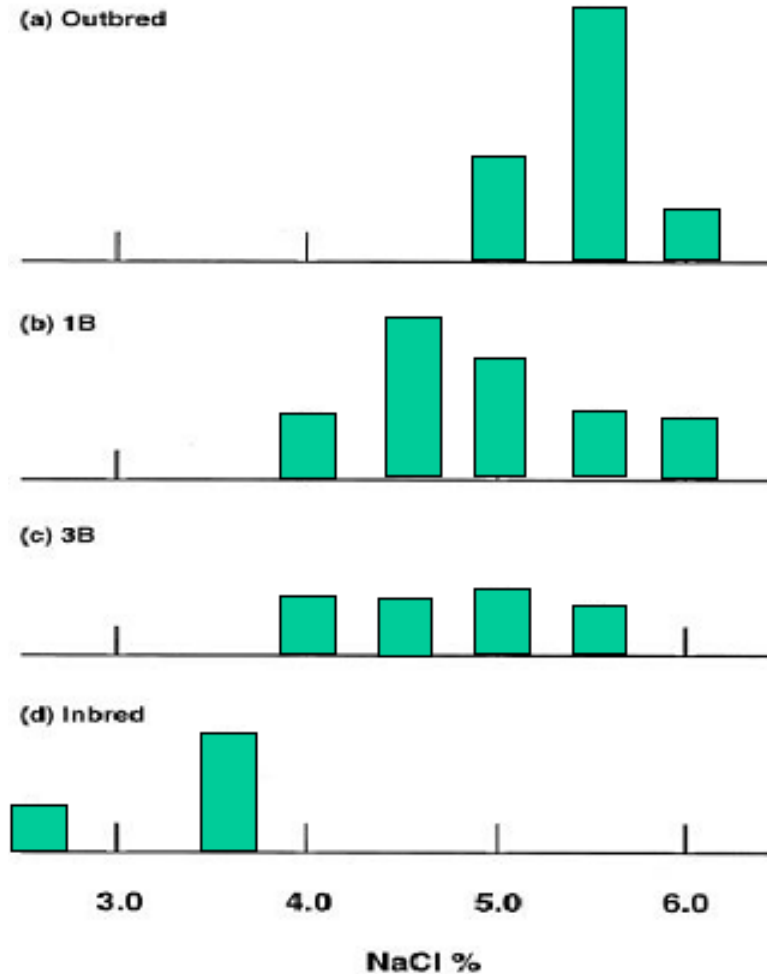
Inbred :

- 35 γενιές διασταυρώσεις μεταξύ αδερφών
- Πρακτικά ομοζυγωτικός πληθυσμός

Γενετική ποικιλότητα και προσαρμογή

- Τρέφονται με αυξανόμενες δόσεις NaCl

Αριθμός εξαφανίσεων



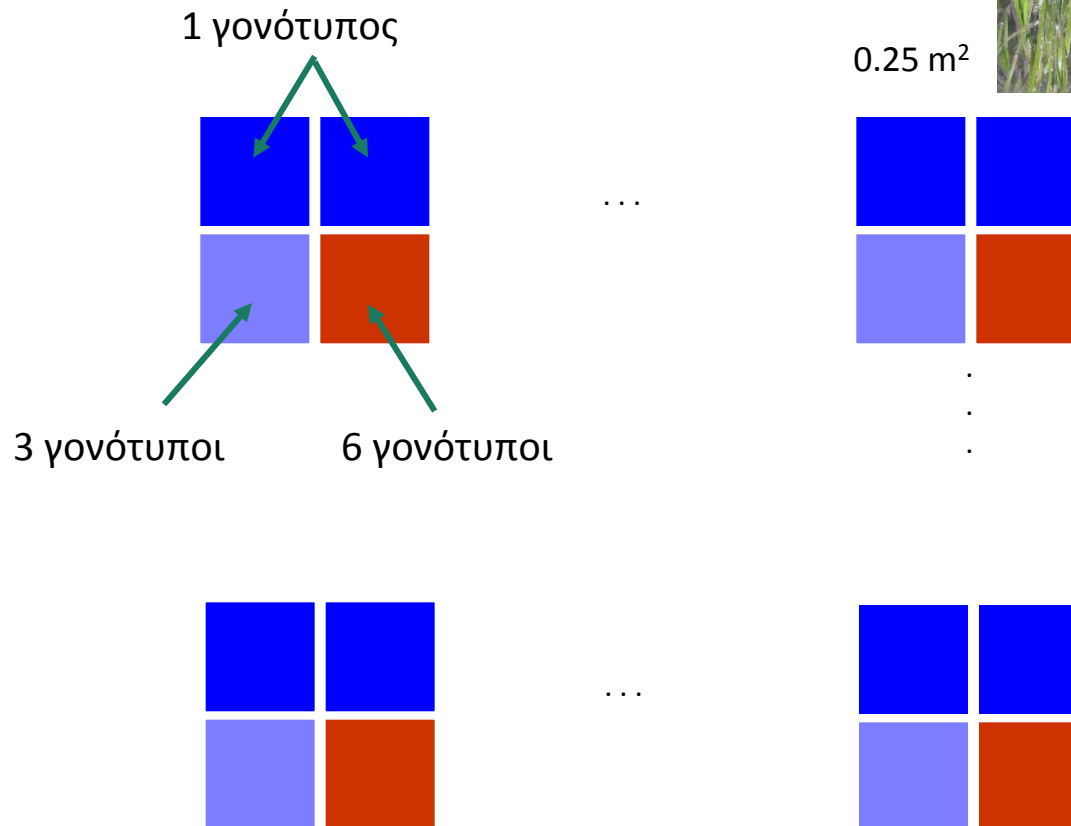
Συγκέντρωση NaCl

Γενετική Ποικιλότητα και Οικοσυστημικές Λειτουργίες

- Πείραμα σε παράκτιο οικοσύστημα (Βαλτική)
- Θαλάσσια πόα *Zostera marina*



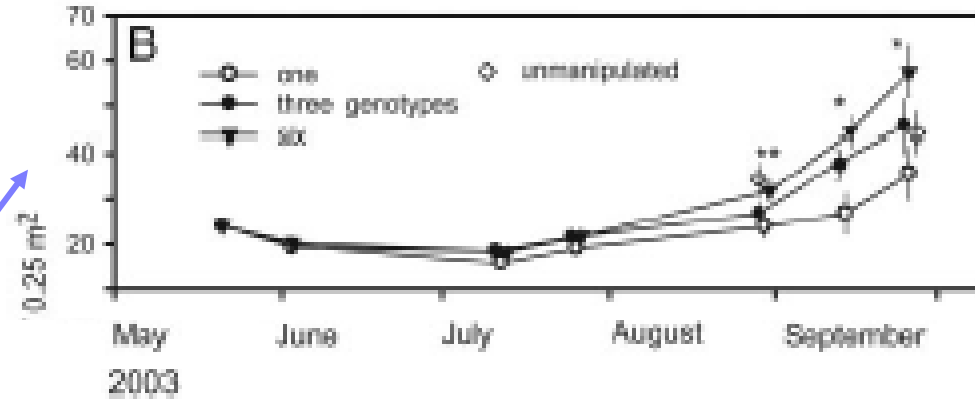
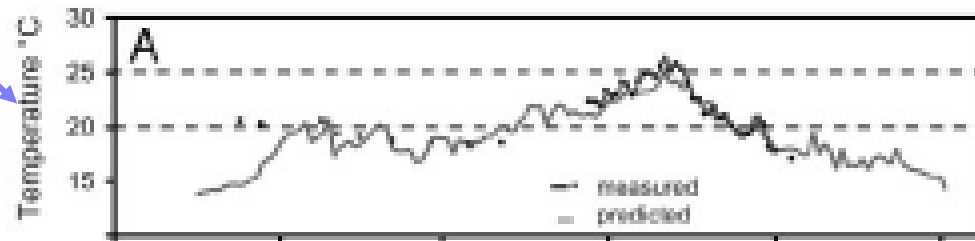
Πειραματικός σχεδιασμός



Γενετική Ποικιλότητα και Οικοσυστημικές Λειτουργίες

- Ανάκαμψη μετά από κλιματική διαταραχή

Θερμοκρασία

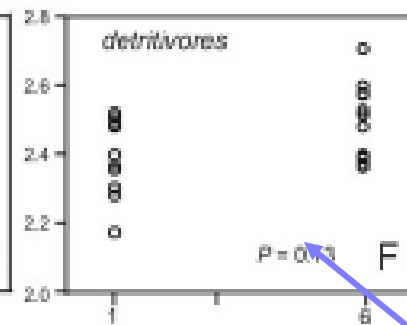
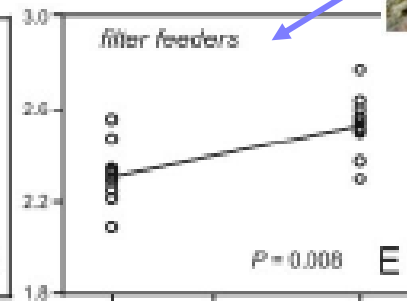
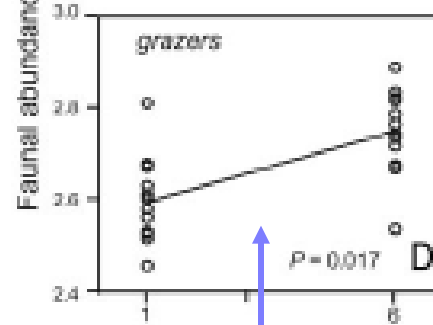
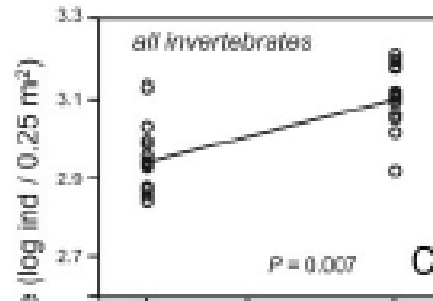
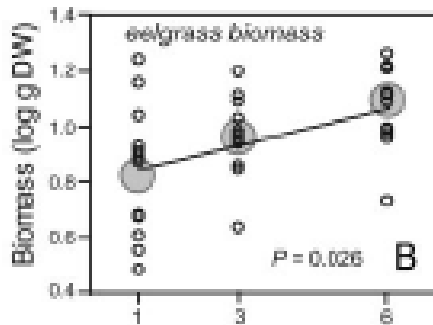
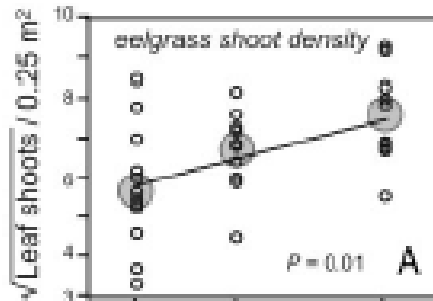


Αριθμός βλαστών / 0.25 m²

Γενετική Ποικιλότητα και Οικοσυστημικές Λειτουργίες

- Γενετική ποικιλότητα και παραγωγικότητα της *Z. marina* και της συνδεδεμένης πανίδας

Πυκνότητα της *Z. marina*

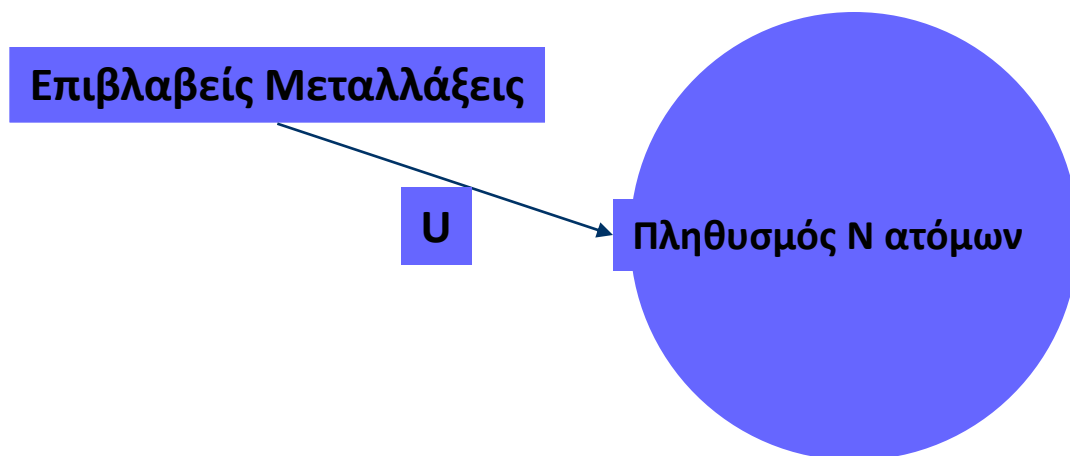


No. of eelgrass genotypes



Βιομάζα της *Z. marina*

Επιβλαβείς μεταλλάξεις



Ρυθμός επιβλαβών μεταλλάξεων U : αριθμός μεταλλάξεων ανά γονιδίωμα ανά γενιά

Ποια η συνέπεια των επιβλαβών μεταλλάξεων στην επιλογική τιμή των ατόμων
(και στη βιωσιμότητα του πληθυσμού);

Επιβλαβείς μεταλλάξεις

Ένας γενετικός τόπος – δύο αλληλόμορφα: A άγριος τύπος – a μεταλλαγμένος τύπος

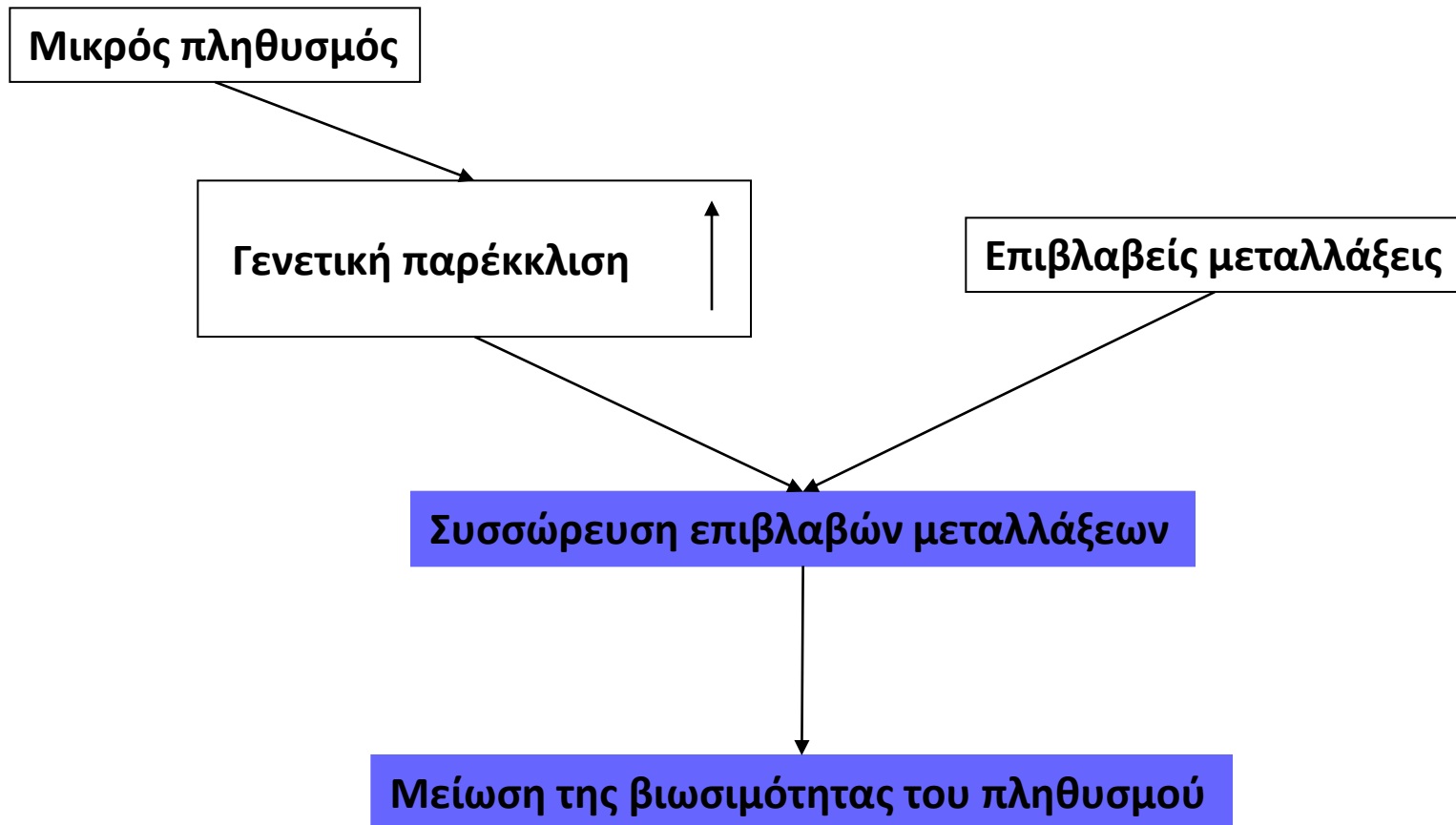
	AA	Aa	aa
Επιλογική τιμή	1	$1 - hs$	$1 - s$

s : συντελεστής επιλογής

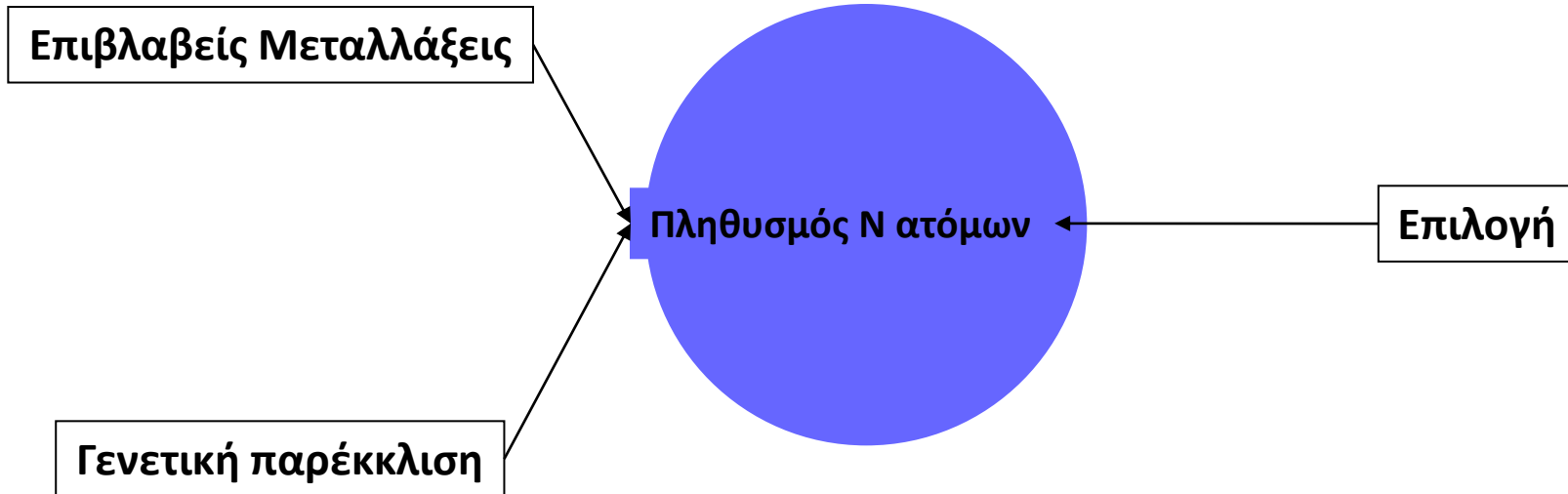
h : συντελεστής επικράτησης

	Ρυθμός μετάλλαξης, U	Συντελεστής επιλογής, s	Συντελεστής επικράτησης, h
Ελαφρώς επιβλαβείς	0.5 - 1	0.02 - 0.03	0.2 - 0.4
Θνησιγόνες	0.03	1	0.02

Συσσώρευση επιβλαβών μεταλλάξεων



Συσσώρευση επιβλαβών μεταλλάξεων



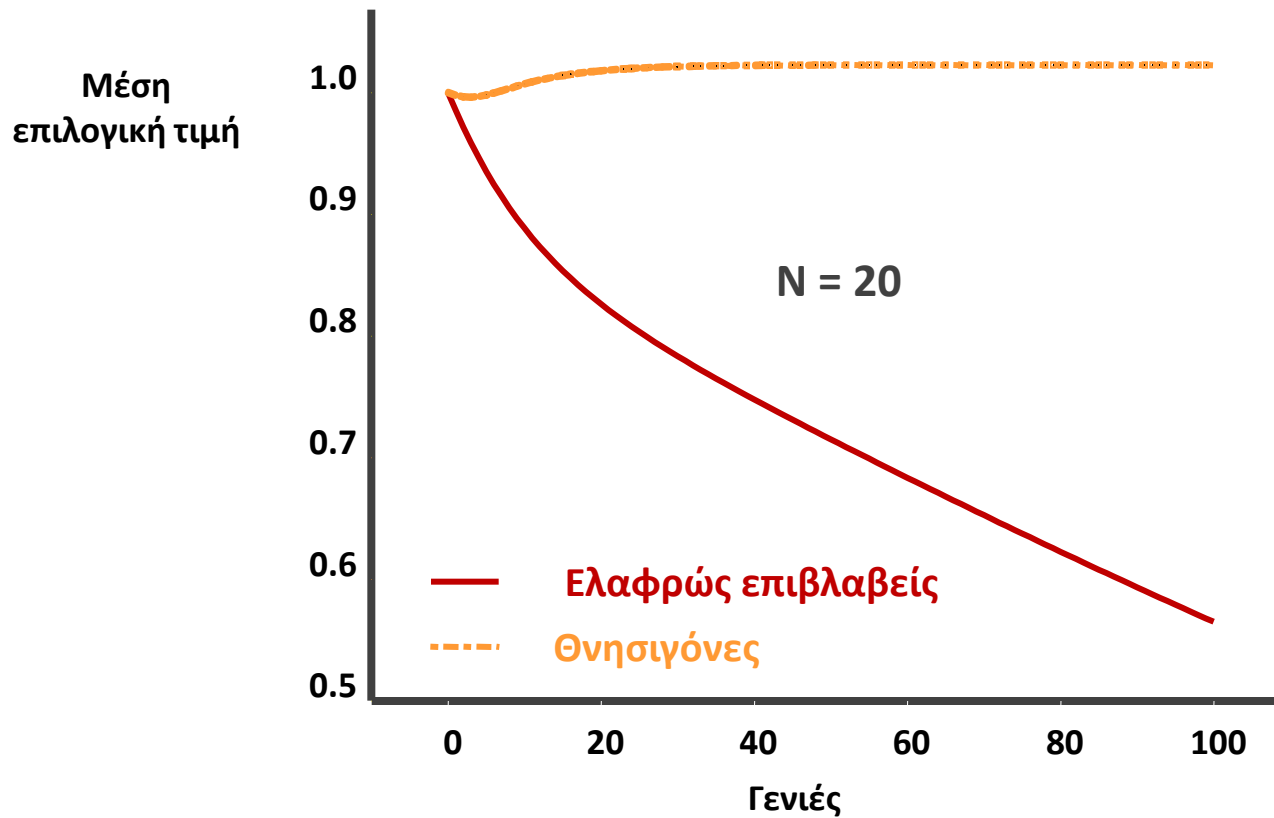
Οι συνέπειες από τις επιβλαβείς μεταλλάξεις εξαρτώνται από



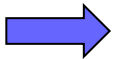
Από τη δύναμη της επιλογής, δηλ., από το s

Το μέγεθος του πληθυσμού, N

Συσσώρευση επιβλαβών μεταλλάξεων

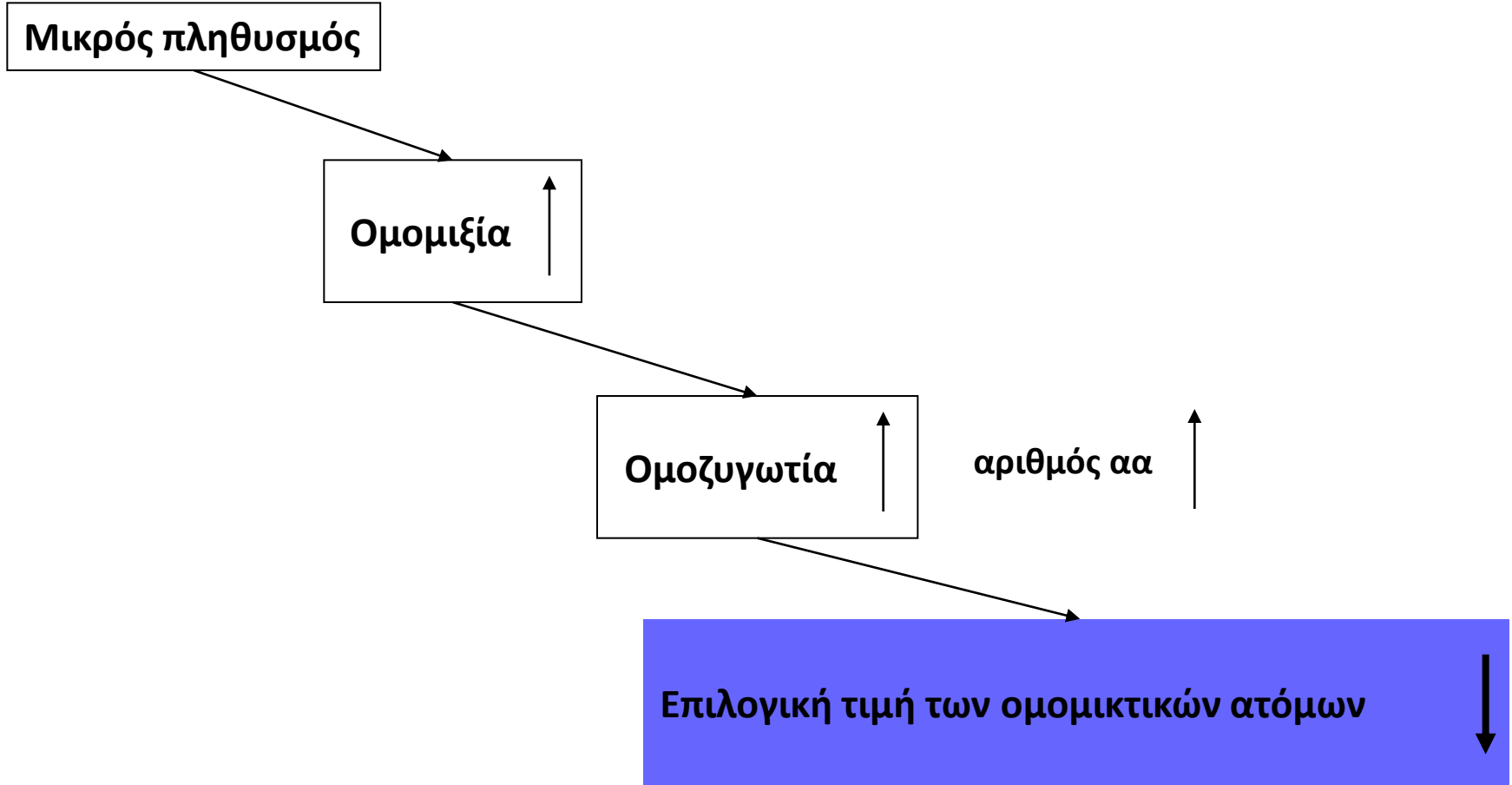


Η επιλογή είναι αποτελεσματική εναντίον των θνησιγόνων μεταλλάξεων



Ελαφρώς επιβλαβείς μεταλλάξεις: η απειλή για τους μικρούς πληθυσμούς

Ομομικτικός υποβιβασμός



Ομομικτικός υποβιβασμός

Απόγονοι ομομικτικών
διασταυρώσεων

$$W_F = e^{-(A + B \cdot F)}$$

Απόγονοι μη ομομικτικών
διασταυρώσεων

$$W_0 = e^{-A}$$

W : επιλογική τιμή (επιβίωση x γονιμότητα)

F : συντελεστής ομομιξίας

A : θνησιμότητα από περιβαλλοντικά αίτια

B : αύξηση της θνησιμότητας λόγω ομομιξίας

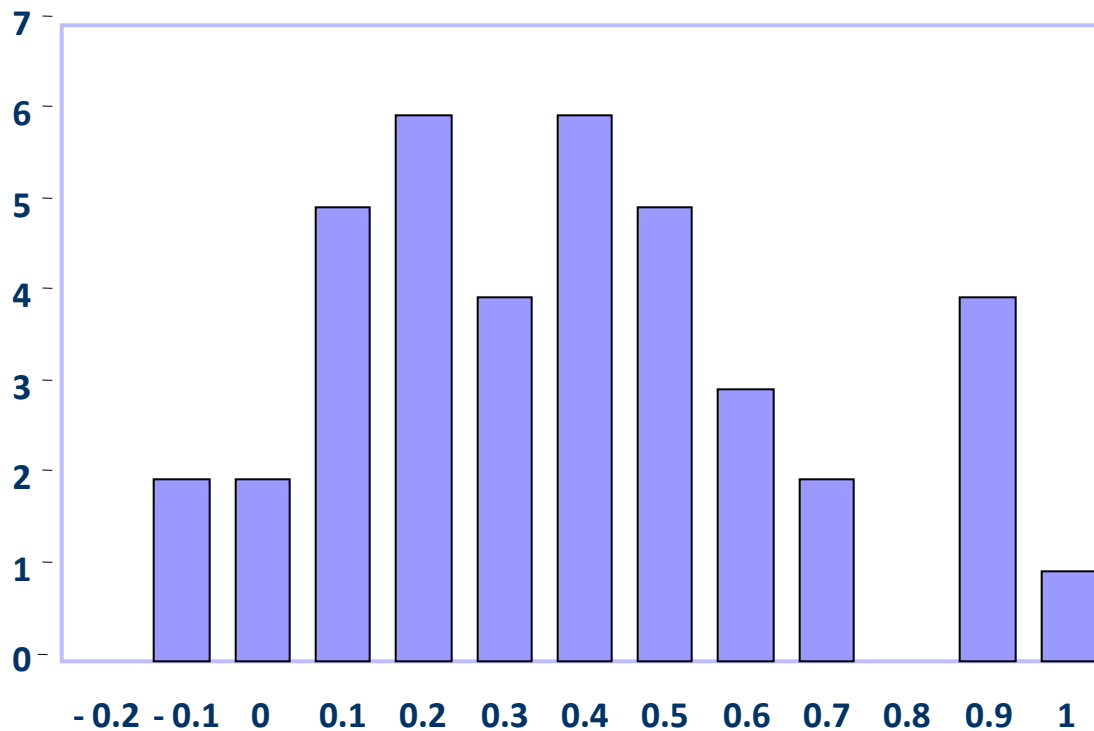
Ομομικτικός υποβιβασμός, δ : $\delta = (W_0 - W_F) / W_0$

$$(\delta = 1 - e^{-BF})$$

Ομοικτικός υποβιβασμός

Μελέτη σε 44 πληθυσμούς θηλαστικών σε συνθήκες αιχμαλωσίας

Αριθμός πληθυσμών



Ομοικτικός υποβιβασμός απογόνων
από διασταυρώσεις γονέα-απογόνου ή αδερφών

Ομομικτικός υποβιβασμός σε άγριους πληθυσμούς

Μελέτη πάνω σε:

- 7 είδη πουλιών, 9 είδη θηλαστικών

- 4 είδη ποικιλόθερμων

- 15 είδη φυτών

- Μετρήθηκαν 137 χαρακτηριστικά συνδεδεμένα με την αρμοστικότητα (επιλογική τιμή)

	$\delta \pm$ τυπική απόκλιση	$\delta \pm$ τυπική απόκλιση Για τις περιπτώσεις $\delta \neq 0$
Ομοιόθερμα	0.268 ± 0.041	0.509 ± 0.081
Ποικιλόθερμα	0.197 ± 0.028	0.201 ± 0.031
Φυτά	0.264 ± 0.032	0.331 ± 0.038

Σύγκριση μεταξύ αιχμάλωτων και φυσικών πληθυσμών
(επιβίωση νεαρών ατόμων για $F = 0.25$) :

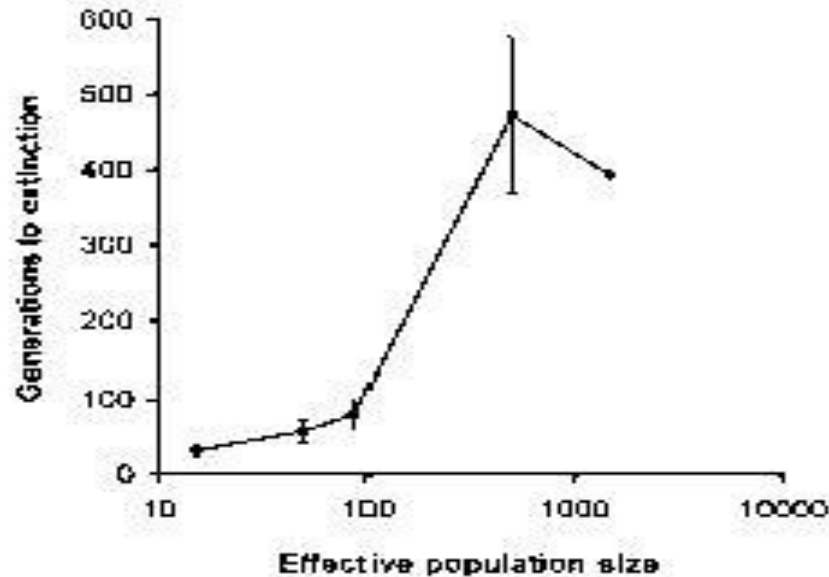
δ στην αιχμαλωσία (Ralls et al. 1988) : 0.314 ± 0.044

δ στη φύση (Crnokrak & Roff 1999) : 0.539 ± 0.121

Επιβλαβείς μεταλλάξεις και εξαφάνιση

- Πειραματικά δεδομένα από πληθυσμούς *Drosophila melanogaster*

(Reed & Bryant, (2000), Animal Conservation 3, pp. 7 – 14)



Μικροί πληθυσμοί ($N_e < 100$) κινδυνεύουν από γρήγορη εξαφάνιση

- Θεωρητικές μελέτες: 100 – 1000 άτομα το ελάχιστο βιώσιμο μέγεθος

Δραστικό Μέγεθος

Ιδανικός Πληθυσμός:

- Σταθερό μέγεθος
- Δεν υπάρχει επιλογή
- Παμμικτικό σύστημα αναπαραγωγής (και ερμαφρόδιτα)
- Όλα τα άτομα έχουν την ίδια πιθανότητα να περάσουν τα γονίδια τους στην επόμενη γενιά

Δραστικό μέγεθος (N_e) :

Το μέγεθος ενός ιδανικού πληθυσμού που θα έχανε τη γενετική του ποικιλότητα με τον ίδιο ρυθμό με τον υπό μελέτη πληθυσμό

Δραστικό Μέγεθος

Διαφορετικοί ορισμοί του δραστικού μεγέθους:

- **Δραστικό μέγεθος ετεροζυγωτίας**

Μετράται από το ρυθμό μείωσης της ετεροζυγωτίας ανάμεσα σε διαδοχικές γενιές

- **Δραστικό μέγεθος ομομιξίας**

Μετράται από το ρυθμό αύξησης της ομομιξίας ανάμεσα σε διαδοχικές γενιές

- **Δραστικό μέγεθος διασποράς**

Μετράται από το ρυθμό αύξησης της διασποράς των αλληλικών συχνοτήτων ανάμεσα σε διαδοχικές γενιές

• Και οι τρεις ιδιότητες σχετίζονται με την ένταση της γενετικής παρέκκλισης η οποία καθορίζει με τη σειρά της το ρυθμό απώλειας της γενετικής ποικιλότητας

Δραστικό Μέγεθος

Γιατί το δραστικό μέγεθος διαφέρει από το πραγματικό μέγεθος;

- Άνισος αριθμός αρσενικών και θηλυκών

$$N_e = 4N_m N_f / (N_m + N_f)$$

Παράδειγμα: Ο βορειότερος θαλάσσιος ελέφαντας



- Σχηματίζει χαρέμια (1 ♂ με 100 ♀)
- Πραγματικό μέγεθος χαρεμιού, $N = 101$
- Δραστικό μέγεθος χαρεμιού, $N_e = 3.96$

Δραστικό Μέγεθος

Γιατί το δραστικό μέγεθος διαφέρει από το πραγματικό μέγεθος;

- Διαφορές στην αναπαραγωγική επιτυχία

$$N_e = (4N - 2) / (V + 2)$$

V : η διασπορά στην αναπαραγωγική επιτυχία

Παράδειγμα: *Geospiza scandens*

$$V = 6.74$$

$$N_e / N \approx 0.46$$



Ερώτηση: Η επιλογή αυξάνει ή μειώνει το δραστικό μέγεθος;

Δραστικό Μέγεθος

Γιατί το δραστικό μέγεθος διαφέρει από το πραγματικό μέγεθος;

- Διακυμάνσεις του μεγέθους του πληθυσμού

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \frac{1}{N_i}$$

N_i : το μέγεθος του πληθυσμού κατά τη γενιά i

g : ο αριθμός των γενιών

Παράδειγμα: Ο βορειότερος θαλάσσιος ελέφαντας

Διακύμανση του πληθυσμού: 100.000 → 30 → 100.000

Μέση τιμή, $N = 66.673$

Δραστικό μέγεθος, $N_e = 60$