



Γενική Οικολογία

Ενότητα 4: Πληθυσμοί

Βώκου Δέσποινα
Τμήμα Βιολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

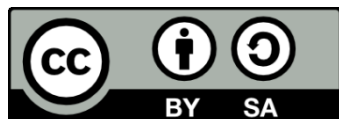
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Πληθυσμοί

Δυναμική πληθυσμών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Δημογραφικά γεγονότα
2. Εκθετική και λογιστική αύξηση
3. Επιλογές ζωής και πρότυπα αναπαραγωγής
4. Απογραφή πληθυσμών και πίνακες ζωής
5. Ενδοειδικός ανταγωνισμός, άλλες αλληλεπιδράσεις και χωροδιάταξη





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Δημογραφικά γεγονότα

Στοιχειώδη δημογραφικά γεγονότα

- Γεννητικότητα (Γ)
- Θνησιμότητα (Θ)
- Είσοδοι (Ε) και Έξοδοι (Μ) λόγω μετανάστευσης

$$\Pi_{\text{τώρα}} = \Pi_{\text{πριν}} + \Gamma - \Theta + E - M$$

όπου Π = μέγεθος πληθυσμού



Παραδοχές

- Δεν υπάρχει αβιογένεση
- Υπάρχει όριο στον αριθμό ατόμων που μπορεί να στηρίξει ένα περιβάλλον
- Το πληθυσμιακό μέγεθος είναι συνεχής μεταβλητή





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Εκθετική και λογιστική αύξηση

Πληθυσμιακές μεταβολές

Αν δεχθούμε ότι ένας πληθυσμός αποτελεί κλειστό σύστημα και άρα δεν υπάρχουν μεταναστεύσεις, θα ισχύει ότι:

$$\Delta N / \Delta t = B - D$$

όπου

ΔN = η μεταβολή του πληθυσμού σε χρονικό διάστημα Δt

B = αριθμός γεννήσεων

D = αριθμός θανάτων



Ρυθμός μεταβολής πληθυσμιακού μεγέθους 1

- Οι μεταβολές θα μπορούσαν να εκφραστούν ως ρυθμοί, συγκεκριμένα κατά κεφαλήν ρυθμοί γεννήσεων b και θανάτων d , οπότε η εξίσωση θα έπαιρνε τη μορφή

$$dN/dt = bN - dN$$

- Εάν το $b-d$ αντικατασταθεί με r προκύπτει η διαφορική εξίσωση

$$dN/dt = rN$$



Ρυθμός μεταβολής πληθυσμιακού μεγέθους 2

που με ολοκλήρωση δίνει την

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

όπου

r = ενδογενής ρυθμός φυσικής αύξησης του πληθυσμού

N_t = μέγεθος πληθυσμού μετά πάροδο χρόνου t

N_0 = αρχικό μέγεθος πληθυσμού

e = σταθερά (η βάση των φυσικών λογαρίθμων)

Το r εκφράζεται και ως ετήσιο ποσοστό (% ή ‰)



Βασική παραδοχή αυτού του μοντέλου αύξησης είναι ότι ο ρυθμός με τον οποίο μεταβάλλεται ένας πληθυσμός εξαρτάται από το αρχικό του μέγεθος [$dN/dt=f(N)$]

(αυτό όμως δεν ισχύει πάντα)



Εκθετική αύξηση

Εάν ένας πληθυσμός αυξάνεται κατά 20% ετησίως, αναμένουμε να βρούμε την ακόλουθη σειρά πληθυσμιακών μεγεθών:

| Αρχή | Μετά 1 χρόνο | Μετά 2 χρόνια | Μετά 3 χρόνια | Μετά 4 χρόνια | Μετά t χρόνια |
|---------|-----------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| N_0 | $1,2N_0$ | $(1,2)^2 N_0$ | $(1,2)^3 N_0$ | $(1,2)^4 N_0$ | $\dots(1,2)^t N_0$ |
| και άρα | | | | | |
| N_0 | $1,2N_0$ | $1,44N_0$ | $1,73N_0$ | $2,07N_0$ | $\dots(1,2)^t N_0$ |

Τα μεγέθη αυτά περιγράφονται από την εξίσωση $Nt = N_0 \lambda^t$
 $\rightarrow Nt = N_0 1,2^t$, όπου λ αντικαθιστά τον όρο e^r της εξίσωσης



Η δύναμη της εκθετικής αύξησης



Εικόνα 4.1. Εικονοποίηση της εκθετικής αύξησης με διπλασιασμό της εκάστοτε ποσότητας ρυζιού, σε κάθε νέα μετάβαση στα κελιά της σκακιέρας, με αρχή ένα σπυρί



Χρόνος διπλασιασμού

Θα ισχύει ότι:

$$N_t/N_0 = 2$$

Από τη λογαρίθμηση της εξίσωσης

$$N_t/N_0 = e^{rt}$$

προκύπτει ότι $\ln(N_t/N_0) = \ln(e^{rt}) \rightarrow \ln(N_t/N_0) = rt \rightarrow \ln 2 = rt_2$ και άρα $t_2 = \ln 2/r$, οπότε

$$t_2 = 0,693/r$$



Κανόνας του '70'

2X

Εκφραζόμενο ως %, το r γίνεται $69,3 \approx 70$

Κανόνας του '70'

Για εύκολο υπολογισμό του χρόνου που απαιτείται για να διπλασιαστεί το μέγεθος ενός πληθυσμού

Παράδειγμα

Πληθυσμός 20 εκατομμυρίων που αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 3,5%, χρειάζεται μόνον 20 χρόνια για να γίνει 40 εκατομμύρια ($70/3,5=20$)

(υπολογισμοί αντίστοιχοι αυτών για την εκτίμηση του χρόνου διπλασιασμού των τραπεζικών καταθέσεων)



Παραδοχές και συνέπειες εκθετικής αύξησης

Η εκθετική αύξηση οδηγεί ταχύτατα σε τεραστίων διαστάσεων μεγέθη

- Δεν ανταποκρίνεται στην παραδοχή του ανώτατου ορίου
- Ισχύει κάτω από ειδικές συνθήκες - για περιορισμένο χρονικό διάστημα, όσο αφθονούν οι αναγκαίοι πόροι
- Το μοντέλο εκθετικής αύξησης μπορεί να δείξει πόσο γρήγορα θα γέμιζε το σύμπαν από βακτήρια, λεύκες, ανθρώπους..., αν δεν υπήρχε ρύθμιση

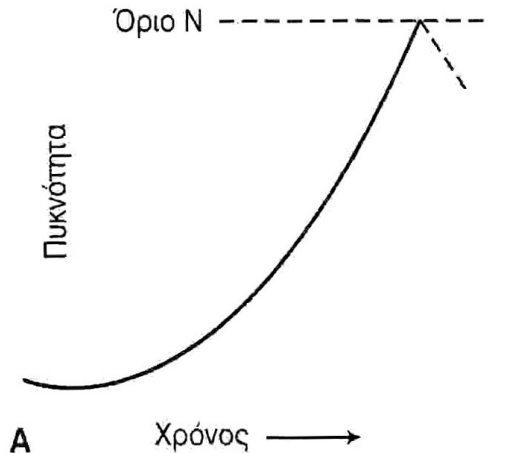


Παράδειγμα ανεξέλεγκτης αύξησης

- Ένα βακτήριο που διπλασιάζεται κάθε 20 λεπτά, θα σχημάτιζε μετά 36 ώρες ένα στρώμα γύρω από τη Γη που θα μας έφθανε περίπου στο στήθος
- Στην επόμενη ώρα θα κάλυπτε τα κεφάλια μας
- Μέσα σε λίγες χιλιάδες χρόνια, θα ζύγιζε όσο το ορατό σύμπαν και θα επεκτεινόταν με την ταχύτητα του φωτός
- Ανάλογα θα συνέβαιναν και για οποιοδήποτε άλλο ον που θα αναπαραγόταν συνεχώς με εκθετικό τρόπο

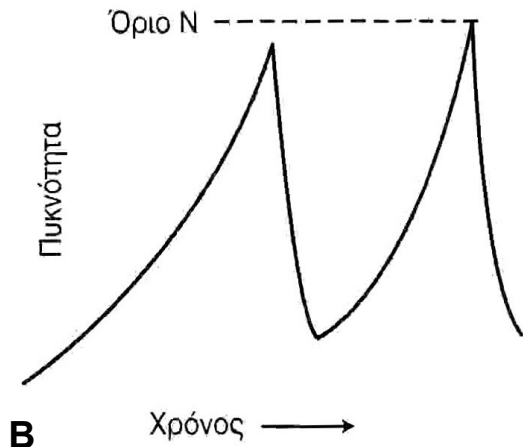


Καμπύλες εκθετικής αύξησης



Εικόνα 4.2. Απεικονίσεις εκθετικής αύξησης

A = Πληθυσμός που αυξάνεται με εκθετικό τρόπο (καμπύλη τύπου J)



B = Πληθυσμός που εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις, με απότομες αυξήσεις και μειώσεις του μεγέθους του



Αύξηση τύπου J

Αύξηση τύπου J δηλώνει πυκνοανεξάρτητους πληθυσμούς

Τείνουν να αυξάνουν σχεδόν ανεξέλεγκτα, μέχρις ότου εμφανιστεί κάποιος περιοριστικός παράγοντας (όριο N)



Λογιστική αύξηση

- Υπάρχει ανώτατο όριο που δεν μπορούν να υπερβούν οι πληθυσμοί
- Σχετίζεται με τη διαθέσιμη ποσότητα των αναγκαίων πόρων

$$dN/dt = rN(1-N/K)$$

- Η προσθήκη του παράγοντα $1-N/K$ λειτουργεί ως αρνητική ανάδραση
- Εάν $N = K$, τότε $N/K = 1$, άρα $(1-N/K) = (1-1) = 0$
- $rN \times 0 = 0$ και άρα ο πληθυσμός δεν αυξάνεται

$$N_t = K/(1+e^{-rt})$$

[Λογιστική εξίσωση]

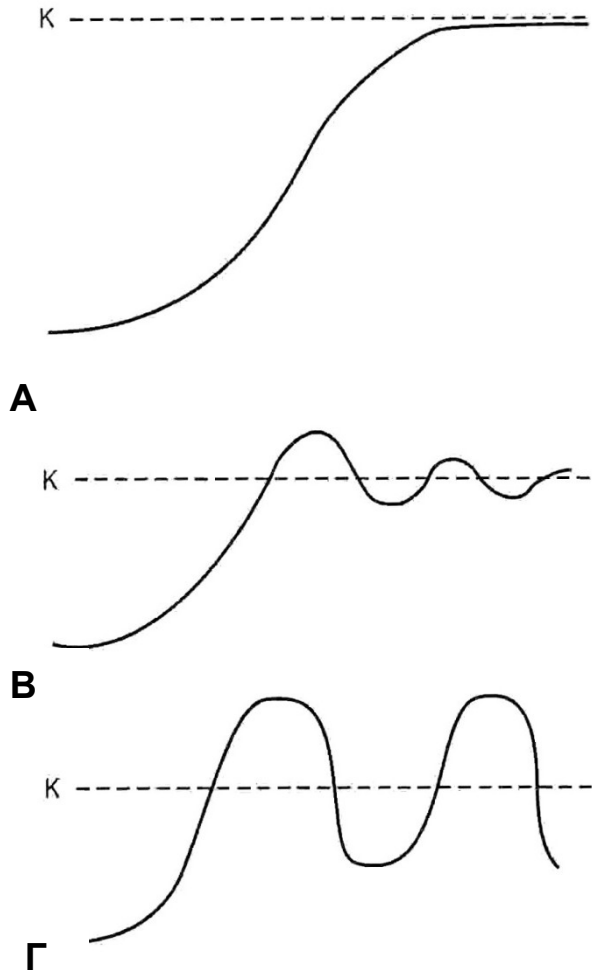


Φέρουσα ικανότητα ή βιοχωρητικότητα

- Προσδιορίζει το μέγιστο πληθυσμιακό μέγεθος που μπορεί να στηρίξει ένα συγκεκριμένο περιβάλλον
- Αντιστοιχεί στο K της λογιστικής εξίσωσης
- Για την εκτίμηση της βιοχωρητικότητας ως αριθμός ατόμων, θεωρούμε ότι κάθε άτομο του πληθυσμού έχει ίδια βαρύτητα
 - Δεν ισχύει πάντα
 - Για τους ανθρώπινους πληθυσμούς, η φέρουσα ικανότητα μιας περιοχής εξαρτάται από το επίπεδο διαβίωσής τους



Καμπύλες λογιστικής αύξησης



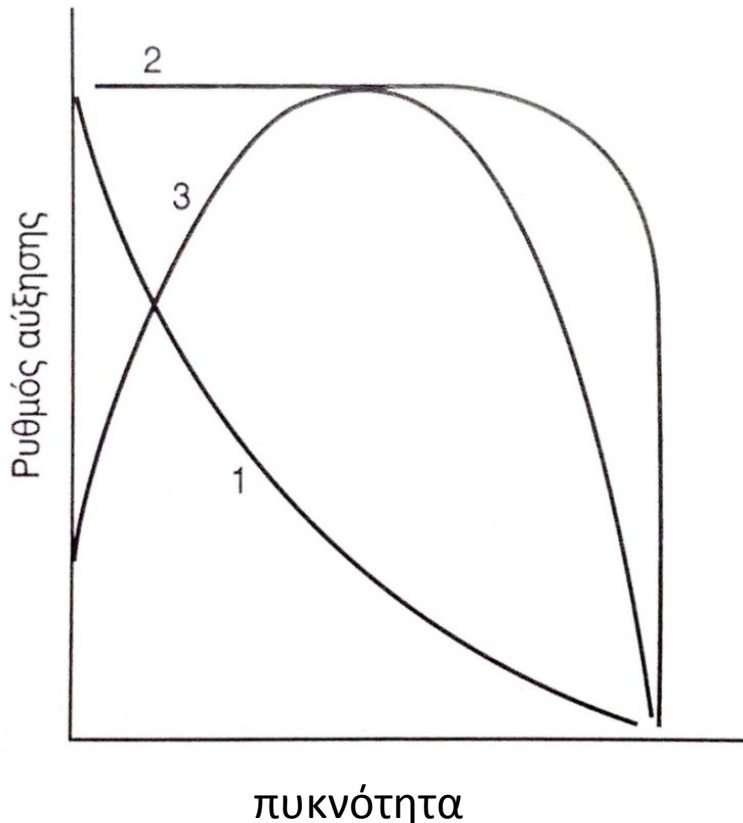
Εικόνα 4.3. Απεικονίσεις λογιστικής αύξησης

A = Πληθυσμός που αυξάνεται λογιστικά (τυπική σιγμοειδής καμπύλη)

B, Γ = Περιπτώσεις πληθυσμών που υπερβαίνουν τη βιοχωρητικότητα (K) εμφανίζοντας ταλαντώσεις



Τύποι πληθυσμιακής αύξησης σε σχέση με πυκνότητα



Εικόνα 4.4. Τρεις τύποι πληθυσμιακής αύξησης σε σχέση με πυκνότητα: ο ρυθμός αύξησης μειώνεται καθώς αυξάνει η πυκνότητα - πυκνοεξαρτημένος τύπος (1), ο ρυθμός αύξησης παραμένει υψηλός μέχρις ότου η πυκνότητα γίνει πολύ μεγάλη, οπότε δρουν εξωγενείς παράγοντες που ελέγχουν το μέγεθός του - πυκνοανεξάρτητος τύπος (2), ο ρυθμός αύξησης μεγιστοποιείται σε ενδιάμεσες πυκνότητες -τύπος Allee (3)





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Επιλογές ζωής και πρότυπα αναπαραγωγής

Είδη r -επιλογής

Ονομασία με βάση τον ενδογενή ρυθμό αύξησης, r



Εικόνα 4.5. *Apodemus sylvaticus*, ένα θηλαστικό r -επιλογής

- Ταχεία αναπαραγωγή
- Μικρό μέγεθος
- Γρήγορη μετάβαση στη φάση ωριμότητας
- Μεγάλη επένδυση στην αναπαραγωγή
- Μικρή επένδυση στην ατομική επιβίωση

“Καιροσκοπικά είδη” - στα αρχικά στάδια της οικολογικής διαδοχής



Είδη *K*- επιλογής

Ονομασία με βάση τη βιοχωρητικότητα, *K*



Εικόνα 4.6. *Loxodonta africana*, θηλαστικό *K*-επιλογής - γονική συνοδεία στο πάρκο Chobe Μποτσουάνα

- Μεγάλο μέγεθος
- Μεγάλη περίοδος αναπαραγωγής
- Μικρή επένδυση στην αναπαραγωγή
- Μεγάλη επένδυση στην ατομική μακροβιότητα και επιβίωση

Είδη που επικρατούν σε μεταγενέστερα στάδια της οικολογικής διαδοχής



Μετά το *r-K* συνεχές

Grime 1977

Τριγωνικό μοντέλο (για φυτά) C-S-R (Εικ. 4.7)

Τα φυτά αναπτύσσονται κάτω από την επίδραση α) καταπόνησης, (β) διαταραχής, (γ) ανταγωνισμού

Με βάση την απόκρισή τους σε αυτούς τους παράγοντες (=χαρακτηριστικά του ενδιαιτημάτων τους), διακρίνονται σε κατηγορίες που αντιστοιχούν σε διακριτές στρατηγικές ζωής

Οι τρεις βασικές στρατηγικές ζωής κατά Grime είναι: ανταγωνιστικά (C, Competitive), ανθεκτικά στην καταπόνηση (S, Stress tolerant), εφήμερα ή διαταραχόφιλα (R, Ruderal)

Παραδοχές: Ανταγωνισμός χαμηλός σε περιβάλλοντα που υφίστανται καταπόνηση, υψηλός σε παραγωγικά περιβάλλοντα

[;]

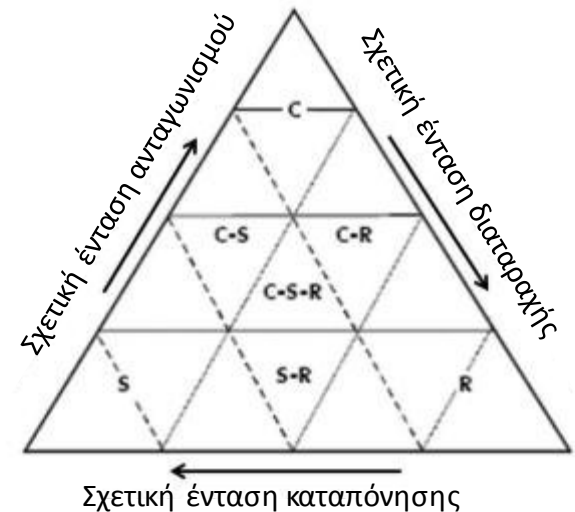
Grime, J.P. (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological an evolutionary theory. The American Naturalist 111, 1169-1194



Τριγωνικό μοντέλο C-S-R

Κάθε στρατηγική ζωής ορίζεται από τις τιμές τουλάχιστον δύο παραγόντων

- Στη γωνία **R**, όπου η διαταραχή είναι υψηλή επικρατούν τα εφήμερα είδη (μικρή διάρκεια ζωής)
- Στη γωνία **C**, όπου ο ανταγωνισμός είναι υψηλός (παραγωγικά περιβάλλοντα) εκτοπίζονται τα λιγότερο ανταγωνιστικά είδη
- Στη γωνία **S**, όπου η καταπόνηση είναι υψηλή επικρατούν είδη ανθεκτικά (μεγάλη διάρκεια ζωής, ξυλώδη)



Εικόνα 4.7. Οι πλευρές του τριγώνου που αντιστοιχούν σε καταπόνηση, διαταραχή, ανταγωνισμό - έχουν μήκος ίσο με τη μονάδα



Τριγωνικό μοντέλο κατά Winemiller

Winemiller and Rose 1992 (με βάση **Winemiller 1995**)

Τριγωνικό μοντέλο (για ψάρια): καιροσκοπικά,
περιοδικότητας, ισορροπίας

Κάθε άκρο του τριγώνου (Εικ. 4.8) μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχεί σε ένα σύνολο προσαρμογών με στόχο τη μεγιστοποίηση της κατά κεφαλήν πληθυσμιακής αύξησης

Winemiller, K.O., Rose, K.A. (1992) Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 2196–2218



Διάκριση ειδών κατά Winemiller

Εικόνα 4.8. Διάκριση ειδών με βάση τις προσαρμογές στην περιβαλλοντική μεταβλητότητα για μεγιστοποίηση της κατά κεφαλήν πληθυσμιακής αύξησης



Διάρκεια ζωής και πρότυπα αναπαραγωγής

Η μακροβιότητα των οργανισμών ποικίλλει έντονα

– από λίγα λεπτά μέχρι χιλιετηρίδες (π.χ. *Sequoiadendron giganteum*)



Εικόνα 4.9. Εδαφικά βακτήρια με διάρκεια ζωής ολίγων λεπτών, και υπεραϊνόβιο δένδρο (*Ceiba pentandra*) στο νησί Barro Colorado, Παναμάς

Δεν υπάρχει προφανής, εύκολα ερμηνεύσιμη σχέση μεγέθους-διάρκειας ζωής

Πρότυπα αναπαραγωγής

Οι πολυκύτταροι οργανισμοί διακρίνονται σε

- Είδη με εφάπαξ γεννήσεις (semelparous)
- Είδη με επαναληπτικές γεννήσεις (iteroparous)



Πρότυπα αναπαραγωγής

I. Είδη με εφάπαξ γεννήσεις

(α) αναπαραγωγή σε συγκεκριμένη περίοδο έτους

- Μη επικαλυπτόμενες γενιές
- Επικαλυπτόμενες γενιές



(β) αναπαραγωγή συνεχής, επικαλυπτόμενες γενιές

II. Είδη με επαναληπτικές γεννήσεις

(α) Ασυνεχείς γεννήσεις

(β) Συνεχείς γεννήσεις



Επικαλυπτόμενες γενιές



Αναπαραγωγή με εφάπαξ γεννήσεις

(κύκλοι ζωής κυρίως διετείς και μονοετείς)

(α) αναπαραγωγή σε συγκεκριμένη περίοδο του έτους



– Μη επικαλυπτόμενες γενιές

Μονοετή ή και μικρότερης διάρκειας είδη

Σε κάθε χρονική στιγμή, υπάρχουν μόνο ώριμα άτομα ή μόνον οι απόγονοί τους

– Επικαλυπτόμενες γενιές

Διετή είδη

Σε κάθε χρονική στιγμή, υπάρχουν ώριμα άτομα που δεν έχουν ακόμα αναπαραχθεί (άτομα ενός έτους) και νεαρά άτομα, απόγονοι ατόμων ηλικίας δύο ετών που πέθαναν, αφού προηγήθηκε η αναπαραγωγή τους



(β) αναπαραγωγή συνεχής

– Οι γενιές επικαλύπτονται

– Κάθε άτομο πεθαίνει αφού γεννήσει

– Σε κάθε χρονική στιγμή υπάρχουν ώριμα άτομα που πρόκειται να γεννήσουν και απόγονοι αυτών που πέθαναν αφού γέννησαν



Αναπαραγωγή με επαναληπτικές γεννήσεις

(α) Ασυνεχείς γεννήσεις

- Η αναπαραγωγή συμβαίνει σε ορισμένη περίοδο του έτους
- Οι γενιές επικαλύπτονται



(β) Συνεχείς γεννήσεις

- Αναπαραγωγή δυνατή κάθε χρονική στιγμή
- Οι γενιές επικαλύπτονται





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Απογραφή πληθυσμών και πίνακες ζωής

Τύποι απογραφής πληθυσμών

Οριζόντια ή δυναμική ή απογραφή τύπου ομάδας (cohort)

- Παρακολουθούμε ανά διαστήματα τη ζωή μιας ομάδας ατόμων που γεννήθηκαν μαζί, από τη στιγμή της γέννησής τους μέχρι και το θάνατο του τελευταίου ατόμου
 - π.χ. από τα δημοτολόγια μιας κοινότητας, όλα τα άτομα που γεννήθηκαν, έστω το 1910, πόσα και πότε τα ίδια γέννησαν και πότε πέθανε καθένα

Κάθετη ή στατική απογραφή

- Απογράφουμε τον πληθυσμό σε μια δεδομένη χρονική στιγμή και υπολογίζουμε την ηλικία ή το στάδιο ανάπτυξης καθενός ατόμου με βάση κάποια κριτήρια
 - στα δέντρα μπορούμε να εκτιμήσουμε την ηλικία από τον αριθμό των ετήσιων δακτυλίων, σε ορισμένα ζώα από τα δόντια τους...





C. lingulata

Πίνακες ζωής

Παράδειγμα πίνακα ζωής ενός φυτικού είδους με διετή κύκλο ζωής, με απογραφή τύπου ομάδας.

| Στάδιο* (ή Ηλικία) (x) | Αριθμός επιζώντων σε κάθε χρονικό ενδιάμεσο (a_x) | Τυποποιημένος αριθμός επιζώντων στην αρχή της ηλικίας x (l_x) | Τυποποιημένος αριθμός θανάτων ανάμεσα σε x και $x+1$ (d_x) | Θνησιμότητα (q_x) | $\log_{10} l_x^{**}$ | $\log_{10} l_x - \log_{10} l_{x+1}$ (k_x) | Μέσος όρος σπερμάτων κάθε ατόμου ηλικίας x (F_x) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0 | 843 | 1,000 | 0,143 | 0,143 | 3,000 | 0,067 | 0 |
| 1 | 722 | 0,857 | 0,232 | 0,271 | 2,933 | 0,137 | 300 |
| 2 | 527 | 0,625 | 0,250 | 0,400 | 2,796 | 0,222 | 620 |
| 3 | 316 | 0,375 | 0,204 | 0,544 | 2,574 | 0,342 | 430 |
| 4 | 144 | 0,171 | 0,107 | 0,626 | 2,232 | 0,426 | 210 |
| 5 | 54 | 0,064 | 0,0462 | 0,722 | 1,806 | 0,556 | 60 |
| 6 | 15 | 0,0178 | 0,01424 | 0,800 | 1,250 | 0,699 | 30 |
| 7 | 3 | 0,00356 | 0,00356 | 1,000 | 0,551 | | 10 |
| 8 | 0 | 0 | — | | | | |

* Στο παράδειγμα κάθε στάδιο διαρκεί τρεις μήνες και μετράμε την ηλικία ανά τρεις μήνες. Άρα, στο στάδιο 1 το φυτό είναι 3 μηνών, στο στάδιο 2 είναι 6 μηνών, κλπ.

** Αρχικά πολλαπλασιάζουμε τα δεδομένα της στήλης l_x επί 1000 και ακολούθως βρίσκουμε τους λογαρίθμους των νέων τιμών.





Πίνακες ζωής

εκτιμήσεις επιβίωσης, γονιμότητας

- Η ομάδα αποτελείται από 843 άτομα
- Στην πρώτη στήλη, καταγράφονται τα διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής (στάδιο 3 μηνών, 6 μηνών ...)
- Στη στήλη (α_x) σημειώνονται τα αδρά δεδομένα της απογραφής, δηλαδή πόσα άτομα απ' όσα καταγράφηκαν σε χρόνο 0 (αρχή της απογραφής) συνεχίζουν να υπάρχουν σε κάθε επόμενο στάδιο
 - Για παράδειγμα, στο στάδιο 8 (δηλαδή μετά από 24 μήνες), δεν έχει επιβιώσει κανένα άτομο ($\alpha_x = 0$)
 - Τα δεδομένα είναι ειδικά για συγκεκριμένο πληθυσμό συγκεκριμένης ηλικίας
 - Δεν επιτρέπουν συγκρίσεις ούτε με άλλους πληθυσμούς ούτε με άλλες ηλικίες
- Τα δεδομένα τυποποιούνται κατά το πρότυπο της στήλης l_x , όπου $l_x = \alpha_x / \alpha_0$ (τα 843 άτομα αντιστοιχούν σε 1 και τα υπόλοιπα δίνονται ως ποσοστά σε σχέση με τη μονάδα)
 - Η στήλη αυτή εκφράζει το ποσοστό ατόμων που επιβιώνουν στην αρχή κάθε σταδίου



Πίνακες ζωής

εκτιμήσεις θνησιμότητας

Η θνησιμότητα εκτιμάται με διάφορους τρόπους

Οι θάνατοι που συμβαίνουν μεταξύ διαφορετικών σταδίων (στήλη d_x) προκύπτουν πολύ απλά, υπολογίζοντας τη διαφορά μεταξύ l_x και l_{x+1}

- Η εκτίμηση της θνησιμότητας με αυτόν τον τρόπο διαθέτει το πλεονέκτημα της αθροιστικής ιδιότητας
- Για παράδειγμα, το ποσοστό των ατόμων που πεθαίνουν στα τρία πρώτα στάδια ισούται με $d_0+d_1+d_2$, δηλ. $0,143+0,232+0,250=0,625$
- Όμως οι τιμές θα είναι μεγαλύτερες όσο περισσότερα άτομα υπάρχουν ζωντανά και άρα υποκείμενα σε πιθανότητα θανάτου έτσι ώστε να μη δίνουν μια πραγματική εικόνα της έντασης της θνησιμότητας σε κάποια ηλικία ή στάδιο του κύκλου ζωής
- Για το λόγο αυτό προσδιορίζεται η παράμετρος q_x (ειδική θνησιμότητα)





Πίνακες ζωής

Θνησιμότητα και άλλα χαρακτηριστικά

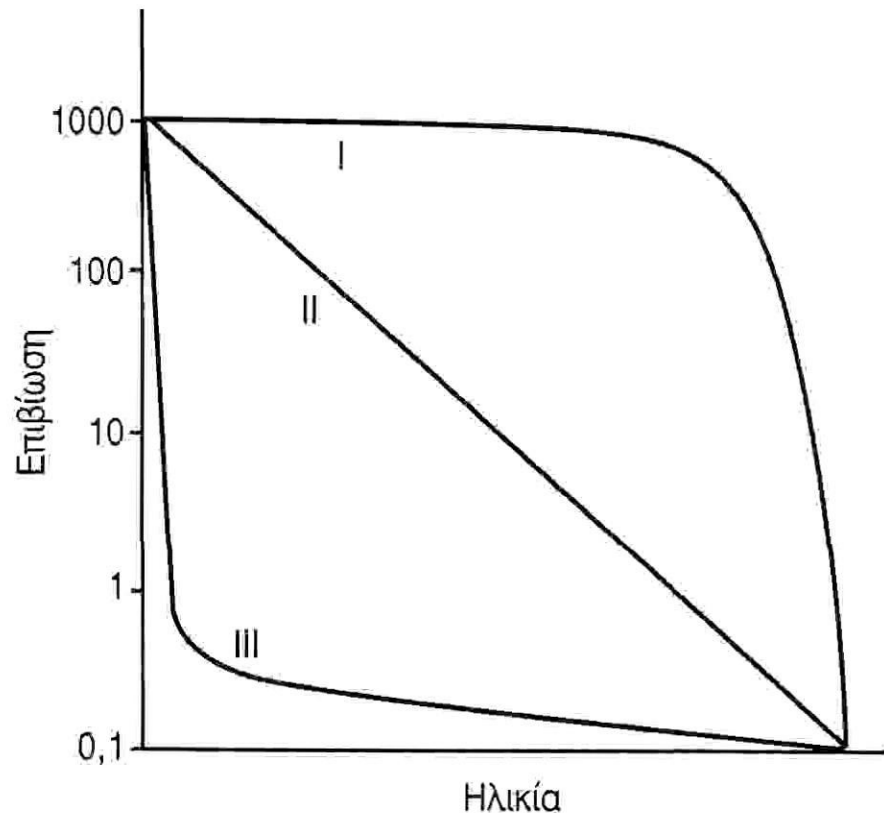
- Το q_x εκφράζει την πιθανότητα θανάτου ανά ηλικιακή κλάση
 - Αντιστοιχεί στον αριθμό ατόμων συγκεκριμένης ηλικιακής κλάσης που πεθαίνουν σε χρονικό διάστημα x έως $x+1$: $q_x = d_x/l_x$
 - Στο παράδειγμα, το q_2 ισούται με $0,250/0,625=0,4$ (ποσοστό ατόμων ηλικίας 6 μηνών που πεθαίνουν στο επόμενο διάστημα 3 μηνών)
 - οι τιμές q_x αυξάνουν σταθερά όσο μεγαλώνει η ηλικία, γεγονός που δεν είναι εμφανές από τη στήλη d_x
 - Το μειονέκτημα είναι πως δεν έχει αθροιστική ιδιότητα - το άθροισμα $q_0+q_1+q_2$ δεν δίνει το συνολικό ρυθμό θνησιμότητας κατά τους πρώτους 9 μήνες
- Τα μειονεκτήματα αίρονται και τα πλεονεκτήματα διατηρούνται με την παράμετρο k_x που ορίζεται ως ένταση θνησιμότητας (killing power)
 - Υπολογίζεται ως $\log_{10}l_x - \log_{10}l_{x+1}$
 - Λόγω των ιδιοτήτων της, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκρίσεις τελείως διαφορετικών πληθυσμών
- Το προσδόκιμο ζωής e_x αντιστοιχεί στον αναμενόμενο χρόνο ζωής πέραν μιας ηλικίας x για κάποιον που βρίσκεται σε ηλικία x
- Στην τελευταία στήλη δίνονται δεδομένα γονιμότητας για κάθε στάδιο



Επιβίωση σε σχέση με ηλικία

3 περιπτώσεις

- Οι θάνατοι συμβαίνουν κυρίως σε μεγάλη ηλικία (I)
- Η θνησιμότητα δεν μεταβάλλεται με την ηλικία (II)
- Οι θάνατοι συμβαίνουν κυρίως σε νεαρή ηλικία (III)



Εικόνα 4.10. Καμπύλες επιβίωσης σε σχέση με την ηλικία



Πυκνότητα και πληθυσμιακές μεταβολές

Για να επιβιώσει ένας πληθυσμός πρέπει

$$\text{γεννητικότητα} \geq \text{θνησιμότητα}$$

Μεταβολές

- Πυκνοεξαρτημένες: γονιμότητα, θνησιμότητα εξαρτώμενες από το μέγεθος του πληθυσμού
- Πυκνοανεξάρτητες: όταν ο θάνατος πλήττει εξίσου τα άτομα, είτε αυτά συνιστούν μικρό ή μεγάλο πληθυσμό
 - Η γονιμότητα των ζώων είναι συχνά πυκνοεξαρτημένη
 - Τα ζωικά είδη μετατοπίζονται ως προς τα χαρακτηριστικά τους - από r -επιλογής, όταν οι πόροι είναι άφθονοι, σε K -επιλογής, όταν ο ανταγωνισμός μεγαλώνει





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ενδοειδικός ανταγωνισμός, άλλες αλληλεπιδράσεις και χωροδιάταξη

Ενδοειδικός ανταγωνισμός αυτοαραίωση

Ο ενδοειδικός ανταγωνισμός είναι υπεύθυνος για τη ρύθμιση του πληθυσμιακού μεγέθους

π.χ. πείραμα με σπέρματα του φυτού
Lolium perenne

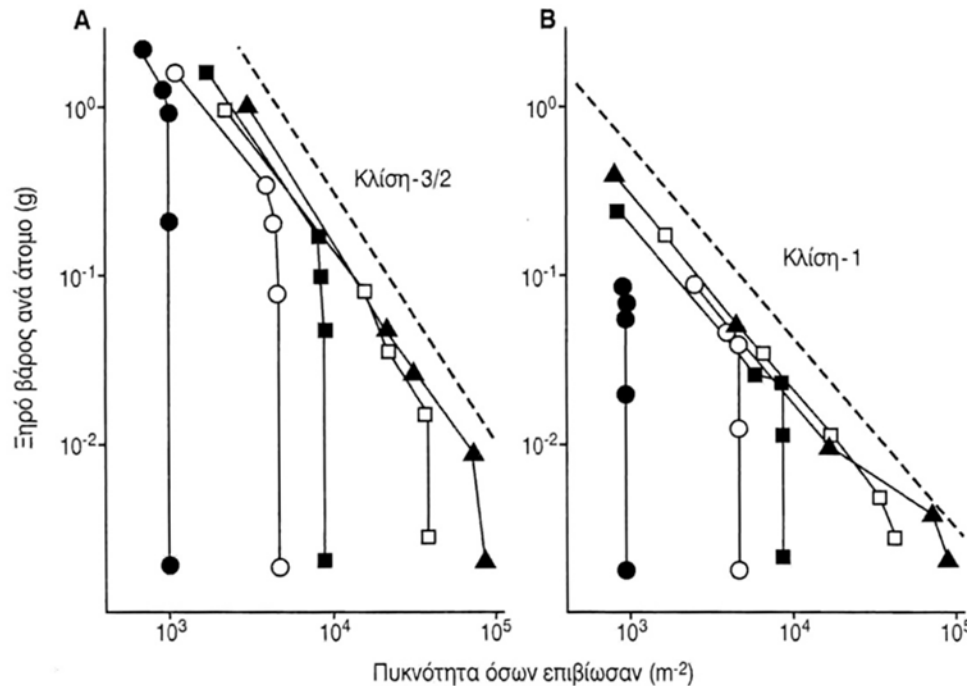
- Τοποθέτηση των σπερμάτων σε διαφορετικές πυκνότητες
- Καταμέτρηση όσων φύτευαν και επιβίωσαν μετά από 14, 35, 76, 104 και 146 ημέρες



Εικόνα 4.11.
Lolium perenne



Πυκνότητα και φυτική αύξηση



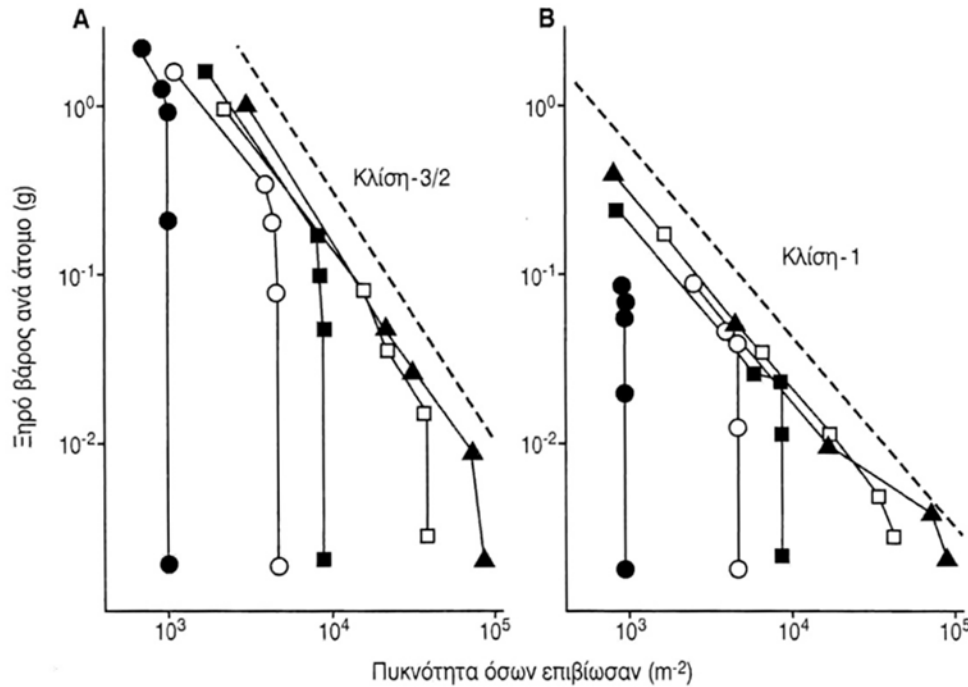
Εικόνα 4.12. Φαινόμενο αυτοαραίωσης πληθυσμών του φυτού *Lolium perenne* που προέκυψαν από σπορά 1000 σπερμάτων ανά τετραγωνικό μέτρο (•), 5000 (ο), 10000 (■), 50000 (□) και 100000 (▲) σε άπλετο φως (A), σε 80% σκιά (B). Κάθε γραμμή αφορά έναν ξεχωριστό πληθυσμό διαφορετικής αρχικής πυκνότητας και δείχνει τα αποτελέσματα ως προς την αύξηση και επιβίωση των ατόμων του μετά από πέντε διαδοχικές δειγματοληψίες. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τις ευθείες αυτοαραίωσης.

- Η φυτική αύξηση επιβραδύνεται στις μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες (ορατό ήδη από τη δεύτερη δειγματοληψία)
- Το μέσο βάρος του ατόμου είναι μεγαλύτερο στους πληθυσμούς μικρότερης πυκνότητας
- Η πυκνότητα και το μέσο βάρος ατόμου μεταβάλλονται αντιστρόφως ανάλογα

Lonsdale, W.M., Watkinson, A.R. (1983) Light and self-thinning. *New Phytologist* 90, 431-435



Ευθεία αυτοαραίωσης



Εικόνα 4.12. Φαινόμενο αυτοαραίωσης πληθυσμών του φυτού *Lolium perenne* που προέκυψαν από σπορά 1000 σπερμάτων ανά τετραγωνικό μέτρο (•), 5000 (ο), 10000 (■), 50000 (□) και 100000 (▲) σε άπλετο φως (A), σε 80% σκιά (B). Κάθε γραμμή αφορά έναν ξεχωριστό πληθυσμό διαφορετικής αρχικής πυκνότητας και δείχνει τα αποτελέσματα ως προς την αύξηση και επιβίωση των ατόμων του μετά από πέντε διαδοχικές δειγματοληψίες. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τις ευθείες αυτοαραίωσης.

Η μεταβολή του βάρους με την πυκνότητα περιγράφεται από ευθεία με κλίση $-3/2$ (ευθεία αυτοαραίωσης)

Αυτό σημαίνει ότι:

- (α) όσο μικρότερη η πυκνότητα τόσο μεγαλύτερο το μέσο βάρος
- (β) το μέσο βάρος αυξάνεται ταχύτερα απ' όσο μειώνεται η πυκνότητα
- (γ) η συνολική βιομάζα του πληθυσμού αυξάνεται (ως αποτέλεσμα των α και β)



Αυτοαραίωση και σταθεροποίηση

- Η αυτοαραίωση θεωρείται φυσικός νόμος
- Πληθυσμός που αυξάνεται με τέτοιο τρόπο αυξάνει σταθερά τη βιομάζα του
 - Κάποτε αυτό θα σταματήσει
 - Δεν είναι δυνατή η επ' άπειρο αύξηση
 - Τότε, η ευθεία κλίσης $-3/2$ θα γίνει ευθεία κλίσης -1 , έτσι ώστε η συνολική βιομάζα ανά μονάδα επιφάνειας να παραμένει σταθερή
- Βιομάζα = $\alpha \times \text{πυκνότητα}^{-3/2}$
 - όπου α = σταθερά
 - Με βάση την εξίσωση μπορούμε να υπολογίσουμε την πυκνότητα σποράς ή φύτευσης που να οδηγεί σε μέγιστη απόδοση

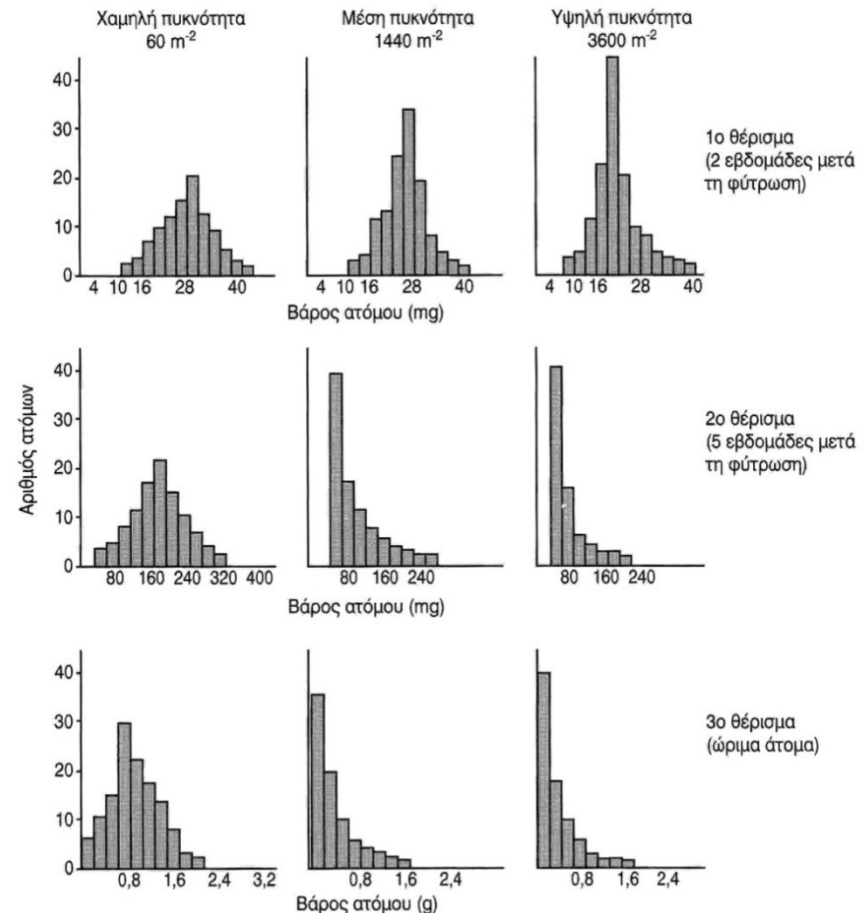


Ασύμμετρος ανταγωνισμός

Πείραμα με άτομα λιναριού (*Linum usitatissimum*)

- Σε συνθήκες λιγότερου έντονου ανταγωνισμού, τα βάρη των ατόμων κατανέμονται συμμετρικά γύρω από το μέσο όρο
- Σε εντονότερο ανταγωνισμό, η κατανομή είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά (πολλά μικρά, λίγα μεγαλόσωμα άτομα)

Συνέπεια του ανταγωνισμού είναι η όξυνση των ανισοτήτων ανάμεσα στα άτομα ενός πληθυσμού ως προς την κατανομή της βιομάζας

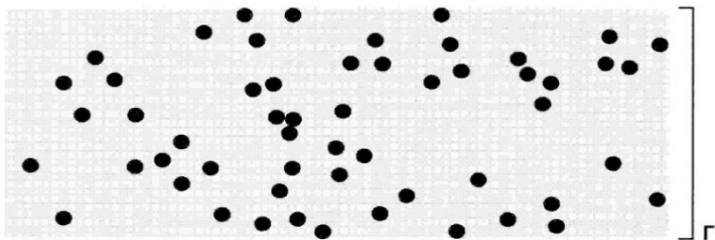
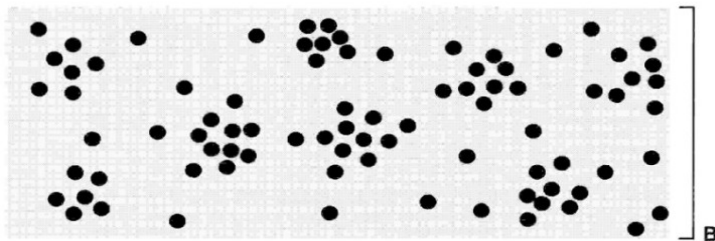
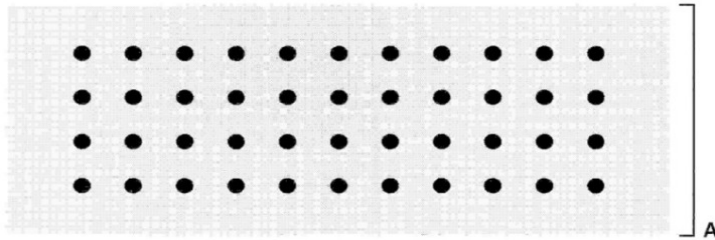


Εικόνα 4.13. Συχνότητες βαρών ατόμων λιναριού που σπάρθηκαν σε τρεις πυκνότητες και θερίστηκαν σε τρεις χρόνους

Obeid, M., Machin, D., Harper, J.L. (1967) Influence of density on plant to plant variations in fiber flax, *Linum usitatissimum*. Crop Science 7, 471-473



Διανομή μελών πληθυσμού



Εικόνα 4.14. Οι τρεις βασικοί τύποι χωροδιάταξης: (α) κανονική (στην ακραία εκδοχή της), (β) συσσωματική, (γ) τυχαία

Τα πρότυπα μπορεί να είναι τελείως διαφορετικά σε διαφορετικές κλίμακες



Εικόνα 4.15. Φωλιές πουλιών (Ploceidae) επάνω σε δέντρο (Αφρική)



Διανομή μελών πληθυσμού

- Εφόσον μικροκλίμα, τοπογραφία, έδαφος διαφέρουν με τρόπο όχι τυχαίο, οι οργανισμοί που επηρεάζονται από αυτά σπάνια θα διανέμονται τυχαία
- Μεσολαμβάνουν και ενδογενείς παράγοντες, οι οποίοι αποτελούν χαρακτηριστικά των ίδιων των οργανισμών

Συνήθεις καταστάσεις

- Ανεπαρκής διασπορά σπερμάτων, αγενής τρόπος πολλαπλασιασμού, σχηματισμός κοπαδιών

συσσωματική χωροδιάταξη

- Ανταγωνισμός

κανονική χωροδιάταξη

- Αλληλοπάθεια

κανονική χωροδιάταξη

- Επάρκεια πόρων

τυχαία χωροδιάταξη



Εικόνα 4.16. Τύποι χωροδιάταξης φυτών σε διαφορετικά περιβάλλοντα



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Εικόνα 4.5: "*Apodemus sylvaticus* (Sardinia)" by © Hans Hillewaert /. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons -

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apodemus_sylvaticus_\(Sardinia\).jpg#/media/File:Apodemus_sylvaticus_\(Sardinia\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apodemus_sylvaticus_(Sardinia).jpg#/media/File:Apodemus_sylvaticus_(Sardinia).jpg)

Εικόνα 4.11:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lolium_perenne_L._%28Perennial_Ryegrass%29_-_cultivated_2.jpg

Εικόνες 4.2, 4.3, 4.4, 4.10, 4.12, 4.13, 4.14: Σύγγραμμα «Γενική Οικολογία: Μια εισαγωγή», Δέσποινα Βώκου, εκδόσεις University Studio Press

Όλες οι **υπόλοιπες φωτογραφίες-εικόνες** του παρόντος προέρχονται από το κοινό αρχείο των Δ. Βώκου & J.M. Halley



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Δέσποινα Βώκου.
«Γενική Οικολογία: Πληθυσμοί». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο
από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS497/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

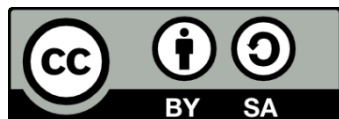
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Β. Αλμπανίδου
Θεσσαλονίκη, 1 Φεβρουαρίου 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

