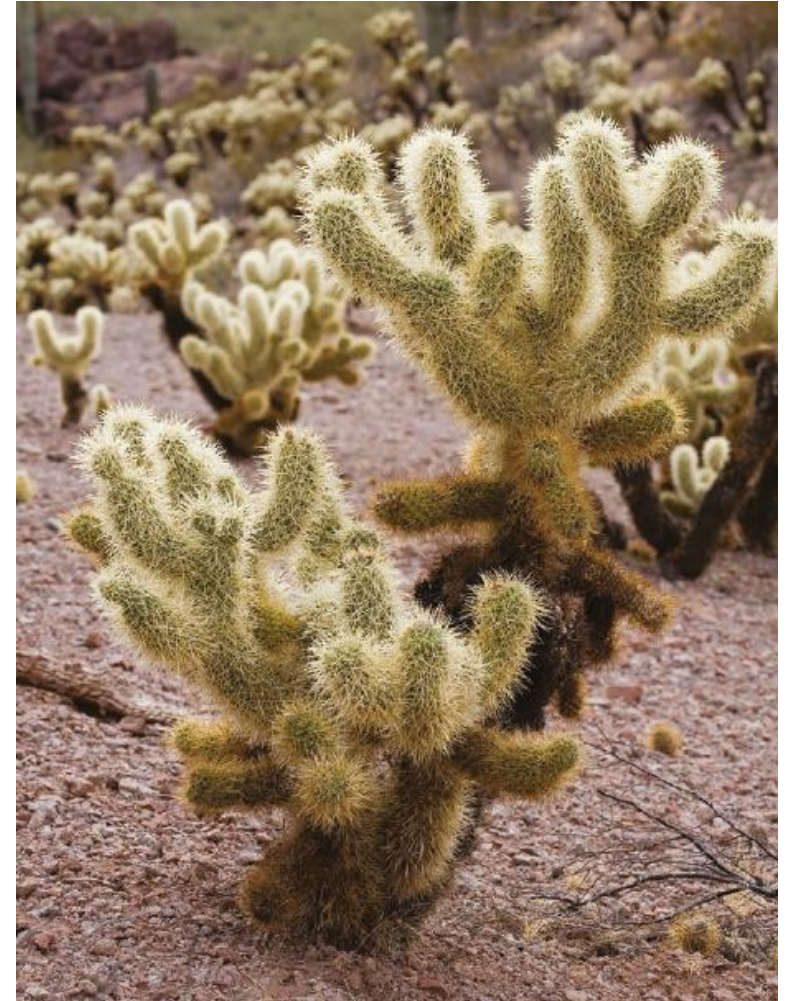


Φυσική επιλογή και προσαρμογή

Προσαρμογή (adaptation) είναι ένα χαρακτηριστικό που ενισχύει την επιβίωση ή/και την αναπαραγωγή των οργανισμών που το διαθέτουν, συγκριτικά με τις εναλλακτικές καταστάσεις του χαρακτηριστικού αυτού.

Παράδειγμα: Πολλά φυτά που ζουν σε ξηρά περιβάλλοντα, όπως οι κάκτοι, διαθέτουν προσαρμογές (δεν έχουν φύλλα) για την ελάττωση των απωλειών νερού.

Στους κάκτους, τα στελέχη του βλαστού, εκεί δηλαδή που λαμβάνει χώρα η φωτοσύνθεση, είναι παχιά, με μικρό λόγο επιφάνειας προς όγκο.



Ορισμένοι κάκτοι, όπως η γνωστή μας φραγκοσυκιά, διαθέτουν τρίχες (προσαρμογή) που αντανakλούν το φως, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του φυτικού σώματος.

Οι προσαρμογές προκύπτουν εξελικτικά διά της φυσικής επιλογής.

- Για αιώνες φαινόταν ότι ο προσαρμοστικός σχεδιασμός μπορούσε να αποδοθεί αποκλειστικά σε έναν ευφυή σχεδιαστή. Μάλιστα, αυτό το “επιχείρημα του σχεδίου” θεωρούνταν ως μία από τις ισχυρότερες αποδείξεις για την ύπαρξη του Θεού.
- Η “επικίνδυνη ιδέα της εξέλιξης δια της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου”, όπως την ονόμασε ο φιλόσοφος Daniel Dennett, χρωστά τον χαρακτηρισμό της στο γεγονός ότι μπορεί να εξηγήσει τον φαινομενικό σχεδιασμό του ζωντανού κόσμου χωρίς να χρειαστεί να καταφύγει σε έναν υπερφυσικό, παντοδύναμο σχεδιαστή.
- Η φαινομενική επιδίωξη σκοπού των προσαρμοστικών βιολογικών διεργασιών, προκαλείται από τη λειτουργία ενός προγράμματος – κωδικοποιημένης ή προδιευθετημένης πληροφορίας, που εδράζεται σε αλληλουχίες DNA – το οποίο όταν ενεργοποιηθεί από εξωτερικά ή εσωτερικά ερεθίσματα ελέγχει μία διεργασία.
- Με παρόμοιο τρόπο, ένα πρόγραμμα υπολογιστή εδράζεται σε ένα τσιπ, όμως ενώ αυτό το πρόγραμμα έχει δημιουργηθεί από έναν προγραμματιστή (ευφυή σχεδιαστή), **η πληροφορία στο DNA έχει διαπλαστεί από μια ιστορική διεργασία φυσικής επιλογής.**

Η σύγχρονη βιολογία δέχεται την ανάπτυξη, τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά των οργανισμών ως τα αποτελέσματα απόλυτα μηχανιστικών διεργασιών, που προέρχονται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ήδη προγραμματισμένων οδηγιών και περιβαλλοντικών συνθηκών ή εναυσμάτων.

Προσαρμοστική εξέλιξη - παραδείγματα

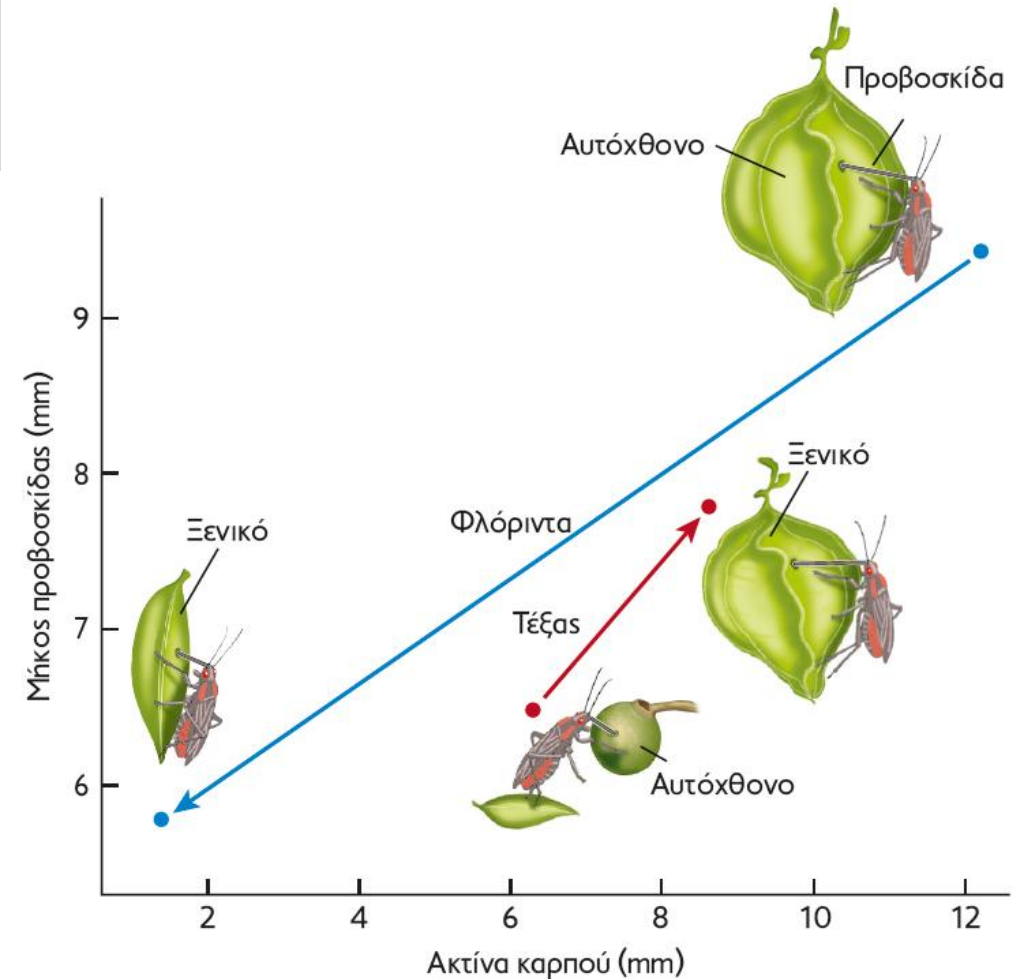
Ο Δαρβίνος δεν είχε στη διάθεσή του συγκεκριμένες περιπτώσεις πραγματικής παρατήρησης εξελικτικών μεταβολών σε έναν πληθυσμό ή ένα είδος και έτσι υπέθεσε ότι η εξέλιξη είναι τόσο αργή που είναι αδύνατο να την παρατηρήσουμε 'εν δράσει'. Όμως σήμερα μπορούμε να αναφέρουμε εκατοντάδες παραδειγμάτων προσαρμοστικής εξέλιξης μορφολογικών, φυσιολογικών και συμπεριφορικών γνωρισμάτων που έχουν πραγματικά παρατηρηθεί.

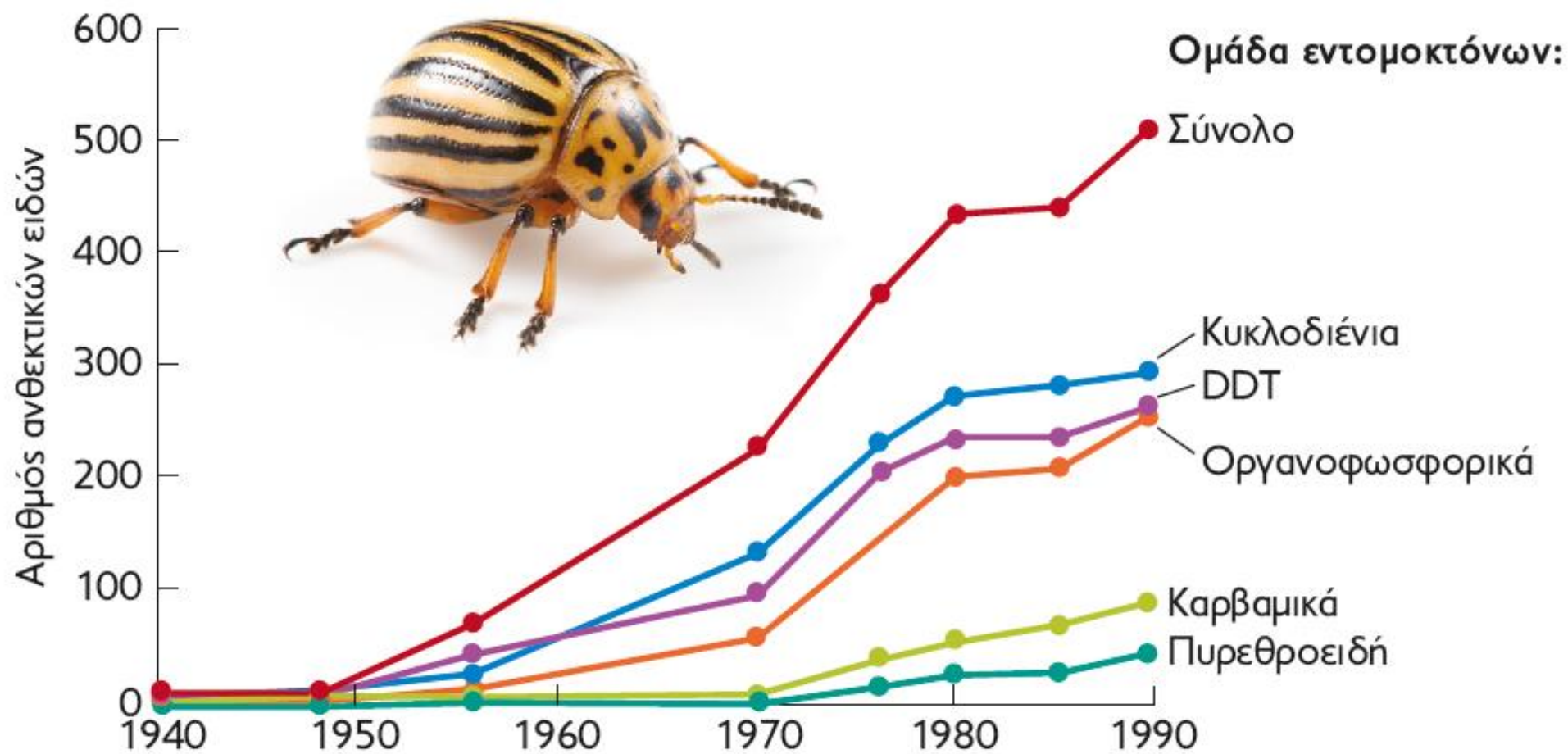
Η προσαρμοστική εξέλιξη μπορεί να είναι πολύ γρήγορη, ιδιαίτερα σε είδη που έχουν εισαχθεί σε νέες περιοχές ή υφίστανται τροποποιήσεις του περιβάλλοντός τους από τον άνθρωπο.

Αρκετά είδη εντόμων, όπως το ημίπτερο *Jadera haematoloma*, έχουν προσαρμόσει ταχύτατα τη διατροφή τους σε νέα φυτικά είδη. Το συγκεκριμένο έντομο τρέφεται με τα σπέρματα της οικογένειας Sapindaceae, τρυπώντας το περίβλημα του καρπού με τη λεπτή του βελονοειδή προβοσκίδα.

Τα τελευταία 50 χρόνια, ορισμένα συγγενικά δενδρώδη είδη της Ασίας έχουν φυτευθεί σε τόσο μεγάλους αριθμούς στο Τέξας και στη Φλόριντα, ώστε οι πληθυσμοί του εντόμου τρέφονται πλέον κυρίως με τα είδη αυτά. Συγκριτικά με τα αυτόχθονα είδη – ξενιστές, τα δένδρα της Ασίας στο Τέξας σχηματίζουν μεγαλύτερο καρπό ενώ το άλλο ασιατικό είδος της Φλόριντα έχει πολύ μικρότερο καρπό.

Σε αντιστοιχία με τις διαφορές αυτές, οι πληθυσμοί του εντόμου στο Τέξας έχουν εξελικτικά αναπτύξει μακρύτερη προβοσκίδα ενώ οι πληθυσμοί της Φλόριντα μικρότερη.



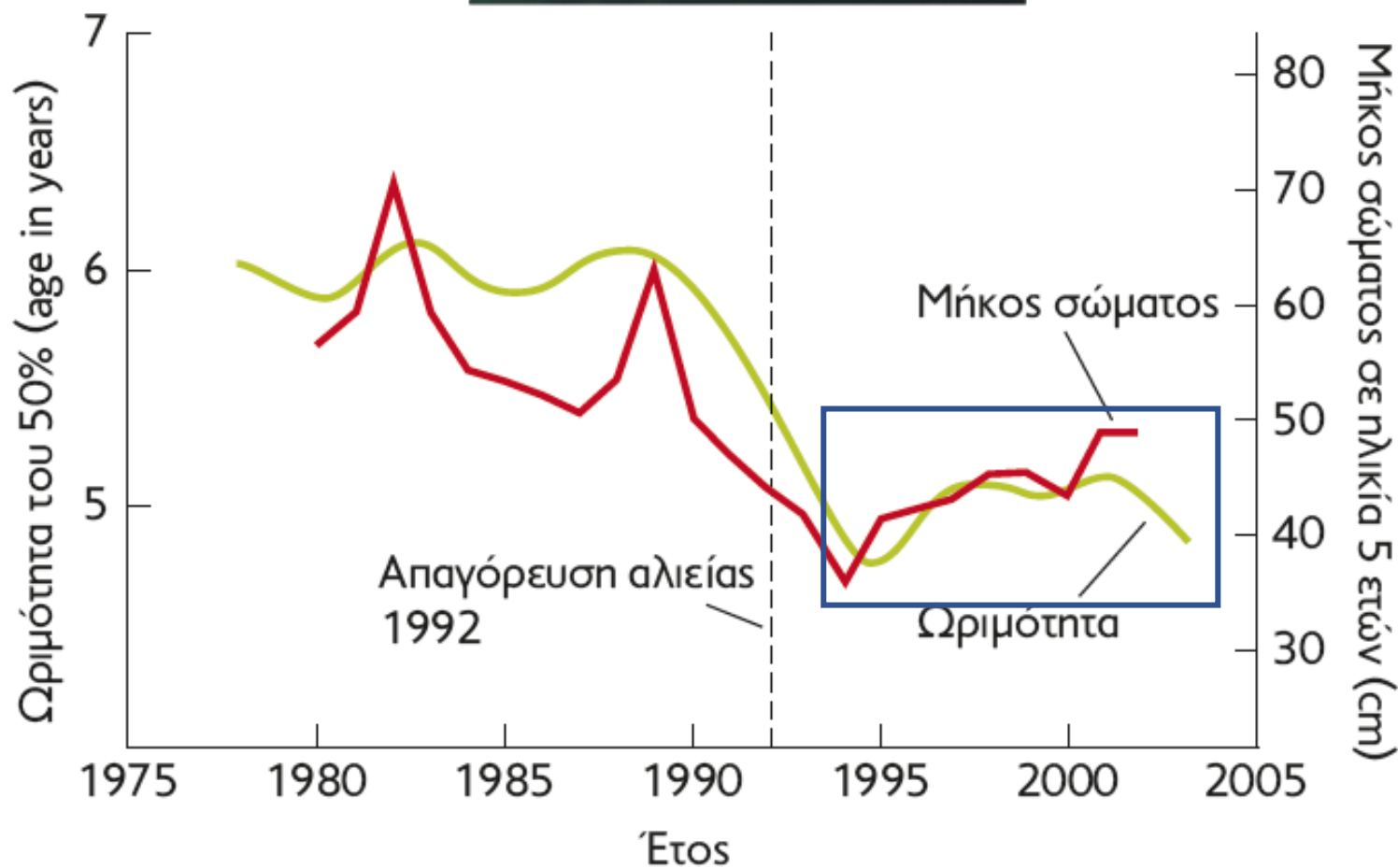


Εκατοντάδες είδη εντόμων έχουν αποκτήσει εξελικτικά ανθεκτικότητα έναντι των χημικών παρασιτοκτόνων.

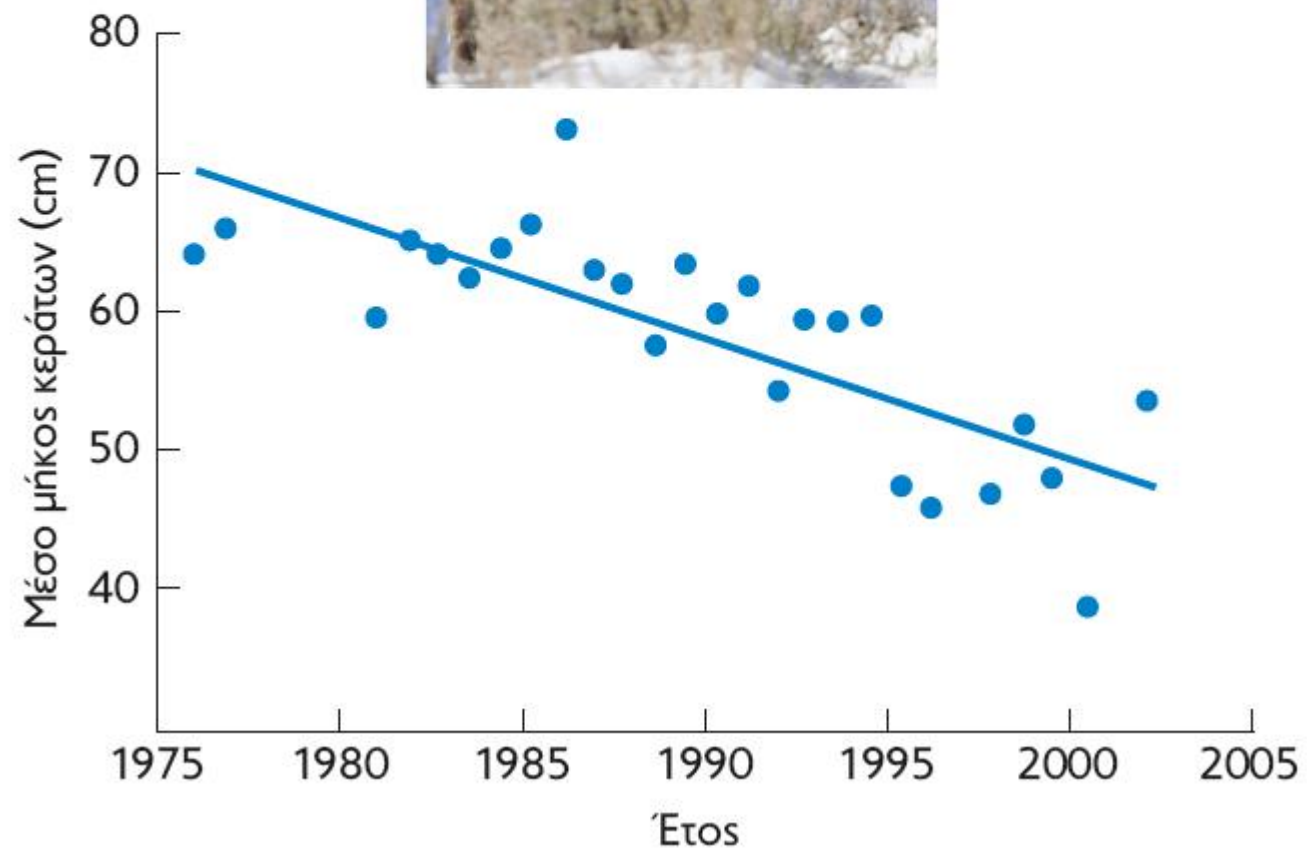
Η ηλικία αναπαραγωγικής ωριμότητας καθώς και το μήκος σώματος (στην ηλικία των 5 ετών) για το 50% του πληθυσμού του Ατλαντικού μπακαλιάρου ελαττώνονταν συνεχώς έως το 1994, λίγο μετά αφότου έκλεισε λόγω υπεραλίευσης το αλιευτικό πεδίο.

Η παρατηρούμενη πρόωρη σεξουαλική ωρίμανση με μικρότερα μεγέθη σώματος (μεταβολές με σαφή γενετική βάση) είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης ενός αμυντικού μηχανισμού διατήρησης του είδους, αφού οι μεγαλύτερες ηλικίες με τα μεγαλύτερα μεγέθη είναι περισσότερο ευάλωτες στη θήρευση, λόγω μεγαλύτερης εμπορικής αξίας.

Παρατηρήστε την τάση αντιστροφής στις καμπύλες μετά την απαγόρευση της αλιείας του μπακαλιάρου.



Το μέσο μήκος κεράτων των αρσενικών αγριοπροβάτων *Ovis canadensis* ελαττώνεται συνεχώς ως αποτέλεσμα της επιλεκτικής πίεσης του κυνηγιού για τα εμβληματικά κέρατά του.

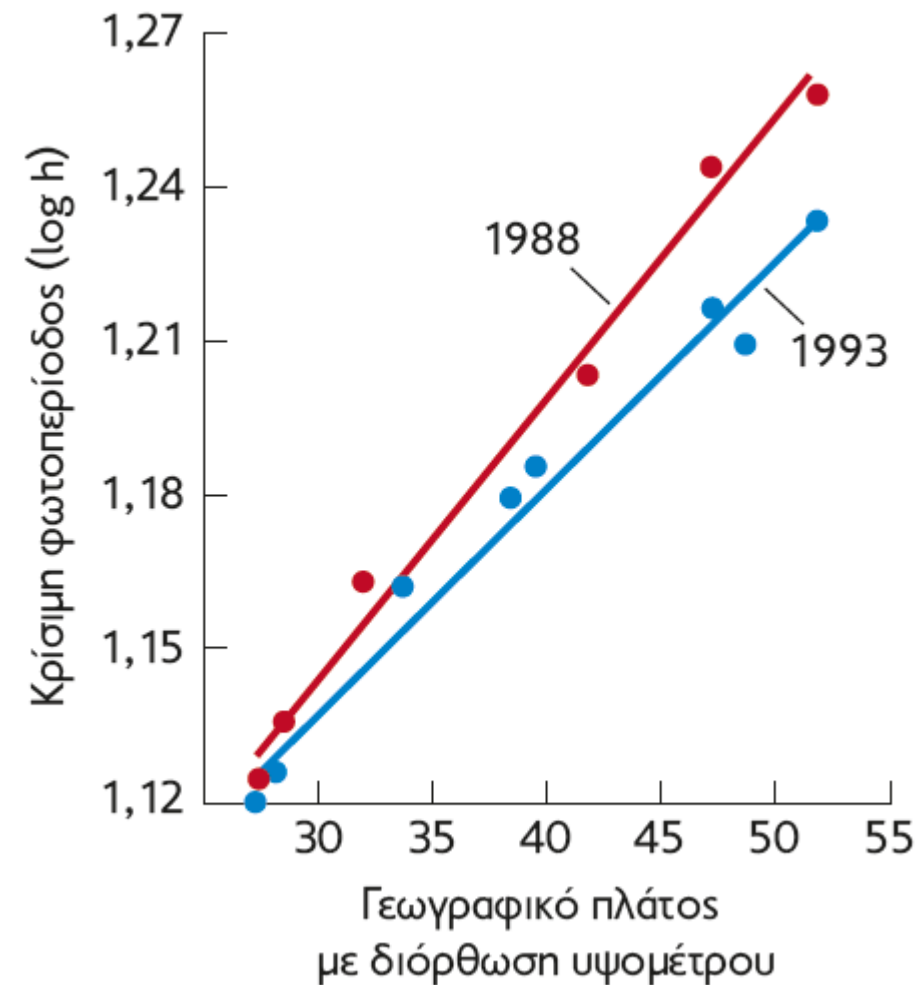


Σε πολλά έντομα, το έναυσμα για την είσοδο σε διάπαυση, (κατάσταση χαμηλής μεταβολικής δραστηριότητας που είναι αναγκαία για την επιβίωση τον χειμώνα), είναι η κρίσιμη φωτοπερίοδος (το μήκος της ημέρας). Οι βόρειοι πληθυσμοί είναι γενετικά προγραμματισμένοι να εισέρχονται στη διάπαυση σε μεγαλύτερη διάρκεια φωτοπεριόδου από ό,τι οι νότιοι πληθυσμοί δεδομένου ότι ο ψυχρός καιρός ξεκινά νωρίτερα στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, όταν οι ημέρες είναι ακόμη σχετικά μεγάλες.

Σε δειγματοληψίες σε πληθυσμούς του κουνουπιού *Wyeomyia smithii*, από τον νότιο Καναδά έως τη Φλόριντα, μετρήθηκε πειραματικά η κρίσιμη διάρκεια φωτοπεριόδου για την είσοδο στη διάπαυση μεταξύ των ετών 1972 και 1996.

Βρέθηκε ότι η κρίσιμη φωτοπερίοδος έγινε βραχύτερη και τα έντομα αναπρογραμματίστηκαν ώστε να πέφτουν σε διάπαυση πιο αργά το φθινόπωρο.

Η μεταβολή αυτή ήταν αποτέλεσμα της **προσαρμογής στην αύξηση της θερμοκρασίας** στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, ως συνέπεια της τρέχουσας κλιματικής αλλαγής που προκαλεί η ανθρώπινη παραγωγή CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου.



Τι σημαίνει φυσική επιλογή

Στο βιβλίο του *Η Προέλευση των Ειδών*, ο Δαρβίνος εισήγαγε την έννοια της φυσικής επιλογής με τις εξής φράσεις:

Γιατί λοιπόν να θεωρηθεί απίθανο, βλέποντας ότι έχουν αναμφισβήτητα συμβεί παραλλαγές [σε οικόσιτα ζώα και φυτά] χρήσιμες για τον άνθρωπο, ότι θα συμβούν ξανά και άλλες παραλλαγές χρήσιμες κατά κάποιο τρόπο σε κάθε ον, κατά τη διάρκεια πολλών διαδοχικών γενεών, στον μεγάλο και πολύπλοκο αγώνα της ζωής; Εάν όντως αυτό συμβαίνει, πώς μπορούμε να αμφιβάλλουμε (με δεδομένο ότι γεννιούνται πολύ περισσότερα άτομα από όσα μπορούν να επιζήσουν) ότι τα άτομα που διαθέτουν κάποιο πλεονέκτημα, οσοδήποτε μικρό και αν είναι αυτό, θα είχαν τις μεγαλύτερες πιθανότητες (σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα) να επιβιώσουν και να διαιωνίσουν το είδος τους; Από την άλλη μεριά, μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι κάθε παραλλαγή που είναι έστω και ελάχιστη βλαπτική θα καταστρεφόταν οπωσδήποτε.

Τη διατήρηση αυτή των ευνοϊκών ατομικών διαφορών και παραλλαγών και την παράλληλη καταστροφή αυτών που είναι βλαπτικές, έχω ονομάσει Φυσική Επιλογή ή Επιβίωση του Καλύτερα Προσαρμοσμένου.

Μεταξύ των πολλών, ελαφρά διαφορετικών ορισμών της φυσικής επιλογής που χρησιμοποιούν οι σημερινοί βιολόγοι, εμείς θα χρησιμοποιήσουμε τον εξής:

Φυσική επιλογή (natural selection) είναι κάθε σταθερή διαφορά αρμοστικότητας μεταξύ διαφορετικών ομάδων των βιολογικών οντοτήτων.

Ένας απλός τρόπος να αντιληφθούμε την **αρμοστικότητα (fitness)** είναι ως ο αριθμός των απογόνων που ένα άτομο αφήνει στην επόμενη γενιά.

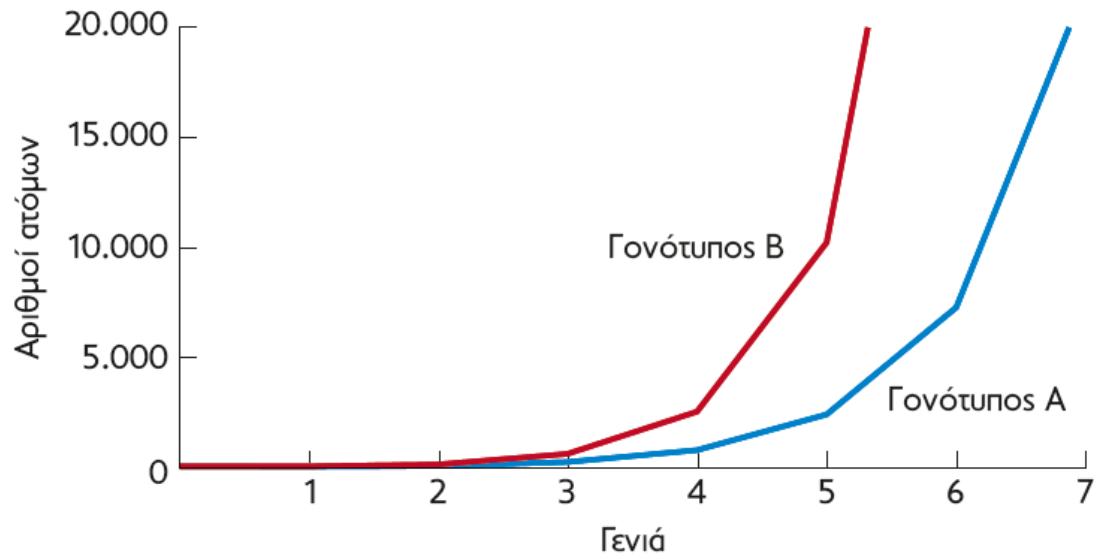
Υποθέστε, για παράδειγμα, ότι σε ένα είδος ετήσιου φυτού, μόνο 1 από κάθε 1000 σπέρματα επιβιώνει μέχρι την αναπαραγωγική ηλικία, και ότι το κάθε φυτό παράγει κατά μέσο όρο 3000 σπέρματα. Η μέση αρμοστικότητα αυτού του φυτικού είδους είναι $0,001 \times 3.000 = 3$.

Τα συστατικά της αρμοστικότητας είναι η επιβίωση και η αναπαραγωγή.

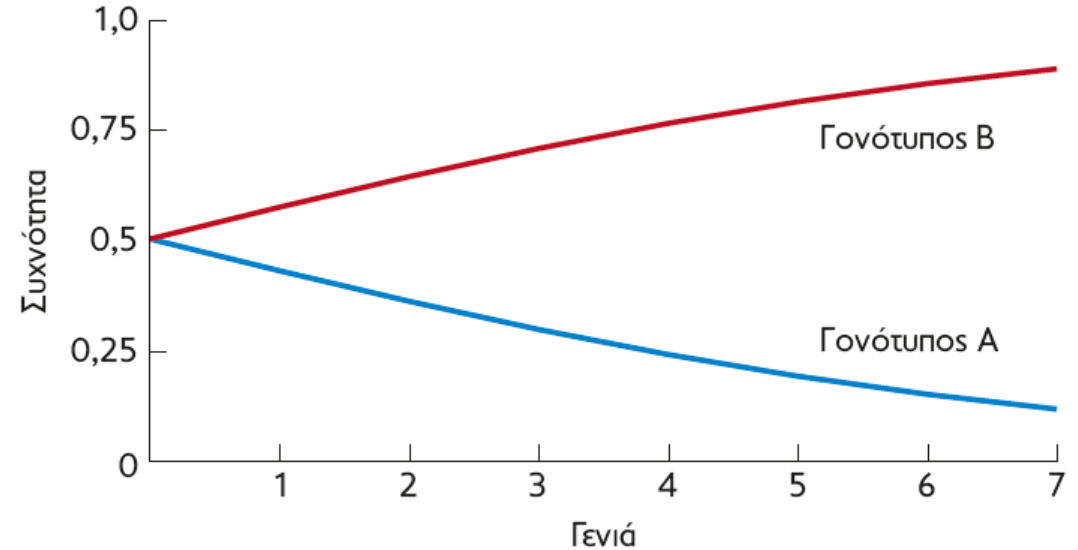
Επομένως, η εξέλιξη διά της φυσικής επιλογής συμβαίνει εάν:

- (1) υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του φαινοτύπου και της αρμοστικότητας ενός ατόμου και
- (2) η ποικιλομορφία του φαινοτύπου συσχετίζεται μεταξύ γονέων και απογόνων.

Ως φυσική επιλογή ορίσαμε τη σταθερή διαφορά αρμοστικότητας μεταξύ διαφορετικών ομάδων ενός είδους. Υποθέστε, για παράδειγμα, ότι σε ένα αφυλετικά αναπαραγόμενο ετήσιο φυτό, οι γονότυποι A και B διαφέρουν μεταξύ τους ως προς ένα χαρακτηριστικό που επηρεάζει την αρμοστικότητά τους (π.χ. ευαισθησία έναντι αντοχής σε ένα ζιζανιοκτόνο) και ότι η μέση αρμοστικότητά τους είναι 3 και 4, αντίστοιχα.



Εάν αυτές οι τιμές παραμένουν σταθερές από γενιά σε γενιά, τότε ο γονότυπος B αυξάνεται αριθμητικά πολύ ταχύτερα από τον A. (Στο συγκεκριμένο διάγραμμα υποθέτουμε ότι και δύο γονότυποι εκκινούν με 10 άτομα.)



Το διάγραμμα των συχνοτήτων των δύο γονοτύπων δείχνει ότι ο γονότυπος B, που ξεκινά στο 50% του συνολικού πληθυσμού, αποτελεί σχεδόν το 90% σε μόλις 7 γενιές.

Σε φυλετικά αναπαραγόμενους οργανισμούς, η αρμοστικότητα είναι περισσότερο περίπλοκη. (διαφέρουν για παράδειγμα στον βαθμό επιτυχίας του ζευγαρώματος, πράγμα που ο Δαρβίνος ονόμασε **φυλετική επιλογή (sexual selection)**).

Τι είναι η φυσική επιλογή;

Πρέπει να γίνει απολύτως κατανοητό ότι η φυσική επιλογή δεν είναι ένας παράγοντας ή μια ενεργός δύναμη ούτε βέβαια ότι υπηρετεί κάποιο σκοπό.

Η φυσική επιλογή είναι απλά οι στατιστικές διαφορές στην αναπαραγωγική επιτυχία μεταξύ γονιδίων, οργανισμών ή πληθυσμών – και τίποτα παραπάνω.

Η έννοια “φυσική επιλογή” δεν είναι συνώνυμη με την έννοια “εξέλιξη”.

Η φυσική επιλογή μπορεί να λαμβάνει χώρα και χωρίς καμία εξελικτική μεταβολή, όπως όταν η φυσική επιλογή διατηρεί μία σταθερή κατάσταση εξαλείφοντας όλους τους φαινοτύπους που αποκλίνουν από τον άριστο.

Υπάρχουν και άλλες διεργασίες εκτός από τη φυσική επιλογή που μπορεί να προκαλέσουν εξέλιξη. Μία από αυτές τις διεργασίες είναι η **γενετική παρέκκλιση**: οι τυχαίες διακυμάνσεις στις συχνότητες των γονοτύπων που δεν διαφέρουν ουσιαστικά ως προς την αρμοστικότητα, στο εσωτερικό ενός πληθυσμού.

Η φυσική επιλογή είναι το ακριβώς αντίθετο της τυχαιότητας.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επιβάλλουν τη φυσική επιλογή εξαρτώνται από τον οργανισμό.

Για παράδειγμα:

- Τα πρότυπα διακλάδωσης των δένδρων, σε ένα δάσος, είναι σημαντικά για πολλά είδη πουλιών (όπως οι φλώροι) που φτιάχνουν τις φωλιές τους στα δένδρα, αλλά σχεδόν αδιάφορα για τα πουλιά του εδάφους, όπως οι πέρδικες.
- Το ιξώδες του νερού, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, είναι πολύ πιο σημαντικό για ένα βλεφαριδοφόρο από ό,τι για ένα ψάρι.

Οι οργανισμοί “αποκλείουν” αρκετά στοιχεία του περιβάλλοντός τους, τα οποία παύουν να ασκούν φυσική επιλογή.



Στα ‘πολεμοχαρή’ μυρμήγκια του γένους *Eciton*, που εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από χημικές πληροφορίες, οι σύνθετοι οφθαλμοί έχουν περιοριστεί δραστικά και αποτελούνται μόνο από μία μονάδα (ένα ομματίδιο).



Τα φίδια της οικογένειας *Typhlopidae* ζουν σε υπόγεια λαγούμια και είναι τυφλά, διαθέτουν εξαιρετικά υποβαθμισμένους οφθαλμούς που αντιλαμβάνονται μεν το φως αλλά δεν μπορούν να συγκροτήσουν εικόνες.