

# Θεωρίες της Εξελίξεως

## Ομιλητής: Μίλτος Τύπας

*Αναπληρωτής Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών*

Θα προσπαθήσω μέσα σ' ένα μικρό χρονικό διάστημα όπως είναι τα 45 λεπτά, να σας αναπτύξω γενικότερα τις βασικές αρχές των θεωριών της εξέλιξης ξεκινώντας από εκεί που έχει αφήσει το νήμα ο κύριος Σέκερης και προσπαθώντας να δώσω όσο γίνεται πιο αναλυτικά την κατάσταση στη σημερινή εποχή.

Ας ξεκινήσουμε λοιπόν από πολύ παλιά. Η έννοια της εξέλιξης, που ιστορικά στο μυαλό των ανθρώπων συμβαδίζει με την έννοια της κληρονομικότητας καθώς και η έννοια της γένεσης της ζωής είναι φιλοσοφικά ερωτήματα τα οποία απασχόλησαν πάρα πολλούς επιστήμονες από την αρχαιότητα μέχρι και την πρόσφατη εποχή.

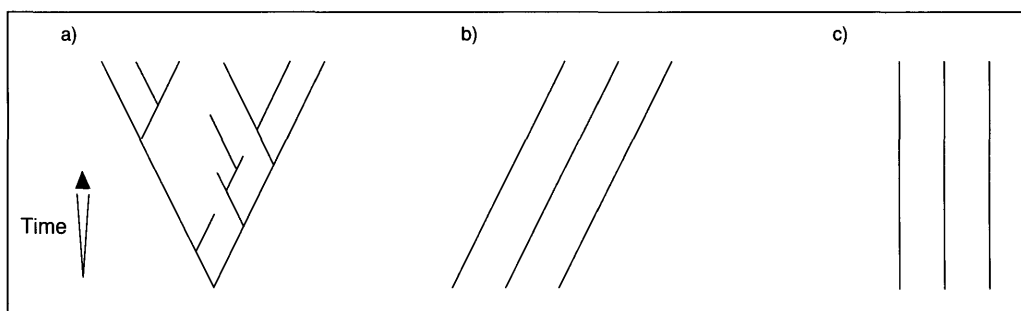
Στην αρχή, οι Έλληνες φιλόσοφοι προσέγγισαν περισσότερο από όλους την αλήθεια για την έναρξη της ζωής, θεωρώντας ότι η ζωή έχει προέλθει από την ιλύ της θάλασσας, εκεί ακριβώς που σκάει το κύμα. Λίγο αργότερα, ασχολήθηκε και ο Ιπποκράτης με την έννοια της κληρονομικότητας, θεωρώντας ότι οι απόγονοι του ανθρώπου (και όλων των ζωντανών οργανισμών) δημιουργούνται μέσα από τα υγρά της κληρονομικότητας, και σαν τέτοια συμπεριλάμβανε και το αίμα, αφού γνώριζε ότι περνάει απ' όλα τα σημεία του σώματος.

Όλες αυτές οι θεωρίες αποτελούσαν και τις γενικότερα αποδεκτές έννοιες της γέννησης της ζωής και της κληρονομικότητας μέχρι να φτάσουμε στην εποχή του Αριστοτέλη. Ο Αριστοτέλης, μπορεί να θεωρείται ως ο “Πατέρας” των θετικών επιστημών και να απετέλεσε τον ιδρυτή όλων των θετικών επιστημών, αλλά είναι βέβαιον, ότι είχε και αρκετές λάθος αντιλήψεις. Δυστυχώς, μία από αυτές αφορούσε γενικότερα την προέλευση της ζωής. Κατ' αυτήν ο Αριστοτέλης θεωρούσε ότι η ζωή προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από τον άνδρα και ότι είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο μεταβιβάζεται μόνο από τον πατέρα προς τα παιδιά. Έφθασε δε ως το σημείο να συζητάει για τη ζωή, ότι φτιάχνεται και προέρχεται από τις δροσοσταλίδες που εμφανίζονται το πρωί πάνω στα άνθη! Όπως καταλαβαίνετε και εσείς, αυτά είναι πολύ άσχετες θεωρίες, που δεν μπορούσαν να βοηθήσουν κατ' ελάχιστον και πραγματικά δεν βοήθησαν την ανθρωπότητα να κατανοήσει αυτές τις έννοιες για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Μέχρι την εποχή των Καμύ και Παστέρ που πραγματοποίησαν τα πειράματα εκείνα που έδειξαν πραγματικά την ύπαρξη της ζωής και κατέρριψαν την έννοια της αβιογένεσης που ίσχυε μέχρι τότε δηλ. έδειξαν ότι η ζωή προέρχεται πάντοτε από κάποια προηγούμενη ζωή.

Αυτό λοιπόν ήταν μια βασική αρχή, μια σωστή έννοια, που άρχισε να εδραιώνεται σιγά-σιγά στη συνείδηση των επιστημόνων από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Ποια ήταν όμως η πραγματική κατάσταση τότε; Όλοι οι επιστήμονες εκείνης της εποχής γνώριζαν και αποδέχονταν ότι όλα τα είδη των ζωντανών οργανισμών παραμένουν σταθερά. Δηλαδή, πίστευαν ότι δεν είχε αλλάξει τίποτε από την εποχή της αρχαιότητας και για παράδειγμα οι άνθρωποι παραμένουμε οι ίδιοι έτσι όπως βρεθήκαμε από την αρχαιότητα μέχρι τότε (μέσα προηγούμενου αιώνα).

Η εποχή εκείνη, είναι μια εποχή που χαρακτηρίζεται από δύο κεντρικά πρόσωπα, θ' αναφερθώ και στα δύο και στις θεωρίες τους. Ο ένας είναι ο Λαμάρκ και ο άλλος ο Δαρβίνος.

Ο μεν Λαμάρκ, που έζησε από το 1744 μέχρι το 1829, ήταν ένα πολυσύνθετο ταλέντο. Πέραν από το να ασχολείται με τα βιολογικά θέματα, ήταν και λίγο μετεωρολόγος, ασχολιόταν και λίγο με τις χημικές ενώσεις και τον ενδιέφεραν πολλά και διάφορα αλλά επιστημονικά θέματα. Περίπου το 1810, παρουσίασε στο σύγγραμμά του Ζωολογική Φιλοσοφία (1809) την πρώτη θεωρία, η οποία αφορούσε τη γένεση γενικότερα των ειδών. Κατά τον Λαμάρκ υπάρχουν κάποιες ανεξήγητες εσωτερικές δυνάμεις, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα, τις χαρακτήριζε μάλιστα στα γραπτά του ως “ευχόμενες” και “ελπίζουσες” για το είδος να εξελιχθεί. Το βασικό στοιχείο λοιπόν της θεωρίας του Λαμάρκ είναι ότι η εξέλιξη αποτελεί μία συνεχή πορεία, δεν διακλαδίζεται και δεν σταματάει ποτέ (βλ. παρακάτω διάγραμμα), δηλ. ένα είδος ποτέ δεν εξαφανίζεται.



*Three theories of the history of life. (a) Evolution; (b) transformism; and (c) separate creation. Evolution supposes that species have a common origin and do change, transformism that they have separate origins and do change, and separate creation that they have separate origins and do not change. Each line represents a species in time. If the line moves up vertically the species is constant, if it deviates left or right the species is changing in form.*

Το μεγάλο ελάττωμά της είναι σε δύο σημεία. Ένα, ότι δεν υπολογίζει ότι ένα είδος μπορεί να εκλείψει σε κάποια φάση, δηλ. ότι θα μπορούσε να σταματήσει να υπάρχει για οποιοδήποτε λόγο. Και το δεύτερο λανθασμένο στοιχείο της θεωρίας του, το οποίο ήταν και το χειρότερο, ήταν η αποδοχή της ύπαρξης επίκτητων χαρακτηριστικών. Τι σημαίνει όμως επίκτητα χαρακτηριστικά; Αυτό γίνεται κατανοητό από το ίδιο το περίφημο παράδειγμα του Λαμάρκ που ήταν η καμνιοπάρδαλη. Έλεγε λοιπόν, ότι η καμνιοπάρδαλη εξελίχθηκε ώστε να έχει μακρύ λαιμό, για τον απλό λόγο, ότι έτσι μπορεί να τρώει φύλλα δένδρων όλο και από ψηλότερα σημεία! Στην αρχή λοιπόν είχε ένα κοντό λαιμό, αλλά σιγά-σιγά όταν έτρωγε τα πιο χαμηλά φυλλώματα των δένδρων προσπαθούσε να προσεγγίσει τα ψηλότερα, οπότε και έπρεπε σιγά-σιγά να εκτείνεται ο λαιμός της ώστε στο τέλος, με την πάροδο των πολλών ετών, να φτάσουμε σε μία καμνιοπάρδαλη της μορφής αυτής που υπάρχει!!

Ο Λαμάρκ ήταν όπως είπαμε ένα σύνθετο ταλέντο, αλλά είχε ένα πολύ μεγάλο ελάττωμα. Ήταν πολύ δύστροπος ως προς τις κοινωνικές του επαφές και αυτό τον έκανε αρκετά αντιπαθή σε πολλούς, δεδομένου, ότι επί τριάντα χρόνια έσπερνε θεωρίες, για μετεωρολογία, χημεία, φιλολογία, οι οποίες η μία μετά την άλλη καταντούσαν ο περίγελος εκείνης της εποχής.

Ο Κουβιέρ ένας άλλος σύγχρονος επιστήμονας εκείνης της εποχής, ικανότατος στην αντιπαράθεση, προσκόμισε ανατομικά-συγκριτικά στοιχεία από ζώα με τα οποία απέδειξε ότι δεν μπορούμε να κουβεντιάσουμε για μια συνεχή γραμμική εξέλιξη του ίδιου του είδους, αλλά υπάρχουν και είδη τα οποία εξαφανίζονται. Έδειξε επίσης ότι υπάρχουν και τέσσερις διαφορετικοί κλάδοι ζώων και έτσι η θεωρία του Λαμάρκ οδηγήθηκε σε αφάνεια.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να υπογραμμίσω ότι υπάρχει ένα κοινό στοιχείο τόσο στη Δαρβινική προσέγγιση της εξέλιξης των ζώων όσο και στη Λαμαρκική. Αυτό αφορά την κληρονομικότητα. Και ο Δαρβίνος, ο οποίος έζησε αρκετά αργότερα, και εμφάνισε τη δική του θεωρία πίστευε ότι τα επίκτητα γνώρισματά μπορούν να κληρονομούνται. Όπως θα δούμε αργότερα αυτό αποτελεί και ένα από τα βασικά ελαττώματα της θεωρίας του Δαρβίνου. Παρατηρώντας το προηγούμενο διάγραμμα (α, β, γ) εντοπίζουμε και τις βασικές διαφορές μεταξύ των δύο θεωριών.

Ότι η εξέλιξη δεν γίνεται κατά τρόπο συνεχή, αλλά γίνεται με την έννοια κλαδιών, διακλαδίζεται, κάπου μερικά απ' αυτά σταματούν και κάπου συνεχίζονται. Έτσι, το σταμάτημα της εξέλιξης κάποιων ειδών και η εξαφάνισή τους, απεικονίζεται με το τέλος ανάπτυξης ενός κλάδου.

Ο Δαρβίνος λοιπόν, επί μια πενταετία έκανε διάφορες επισκέψεις στα νησιά Γκαλαπάγκος (Galapagos) όπου το 1837 και 1838 έκανε τη συλλογή υλικού (απολιθώματα και είδη σπίνου). Για πρώτη φορά εύρισκε νησάκια, τα οποία βρίσκονται σε αποστάσεις 50-60 χιλιόμετρα μεταξύ τους, με ακριβώς τα ίδια φυτά, ακριβώς τα ίδια ζώα και τις ίδιες κλιματολογικές συνθήκες. Η δε πρόσβαση από το ένα στο άλλο ήταν εξαιρετικά εύκολη.

Έτσι, λοιπόν, μάζεψε διάφορα ζώα και κυρίως είδη σπίνων. Προς μεγάλη έκπληξή του, όταν γύρισε πίσω και άρχισε να μελετά όλες τις καταγεγραμμένες λεπτομέρειες και τις διαφορές μεταξύ των διαφόρων αυτών σπίνων που είχε απομονώσει, έγινε φανερό ότι βρισκόταν μπροστά στη διαμόρφωση και την ύπαρξη διαφορετικών ειδών. Διαφορετικών ειδών που μοιάζουν τόσο πολύ μεταξύ τους, οπότε και η αποδοχή ενός κοινού προγόνου ήταν η πλέον προφανής υπόθεση. Παρόμοια φαινόμενα παρατήρησε και από τη μελέτη των στρουθοκαμηλοειδών της Νότιας Αφρικής που είχε κάνει. Έτσι λοιπόν διαμορφώθηκε στο μυαλό του μια θεωρία, την οποία στα γραπτά του κείμενα ονόμασε “βάση προς συζήτηση”. Το βασικό της στοιχείο είναι ότι τα είδη δεν δημιουργούνται ούτε από την επιθυμία τους (Λαμάρκ), ούτε από την επίδραση του περιβάλλοντος. Επίσης ότι τα ζώα εξελίσσονται και άλλα προχωρούν σε νέους τύπους, ενώ άλλα σταματούν.

Τόσο ο Δαρβίνος, όσο και ο προκατόχος του Λαμάρκ (καμυλοπάρδαλης), είχαν από ένα αγαπημένο ζώακι στο οποίο αναφέρονταν και τα περισσότερα παραδείγματά τους. Για τον Δαρβίνο λοιπόν ήταν ο δρυοκολάπις. Τον παρουσίασε σαν ένα άριστο παράδειγμα ενός πουλιού που έχει καταφέρει να φτιάξει το ράμφος του κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί ν' ανοίγει τρύπες σ' ένα δένδρο, να ρουφάει από αυτό το δένδρο τους χυμούς. Μια γλώσσα αρκετά μακριά και σκληρή, η οποία να μπορεί να μαζεύει και έντομα και αυγά εντόμων, αλλά και χυμούς από εκεί μέσα. Επίσης, το ότι τα νύχια του και τα δάκτυλά του είναι διαμορφωμένα ώστε να γαντζώνεται πάνω στα κλαδιά, η ουρά του, που είναι πάρα πολύ

σκληρή και είναι σαν τηγάνι, για να μπορεί να κουνιέται από εδώ και από εκεί, τον έκαναν σαν έναν ιδανικό οργανισμό, για να μπορεί να προσαρμόζεται επάνω στα δένδρα και να ζει πάνω σ' αυτά.

Οι θεωρίες του Δαρβίνου φωτίστηκαν με τρομακτική θα λέγαμε ένταση όταν περίπου δέκα πέντε, είκοσι χρόνια αργότερα σε συνεργασία με τον Wallace, έναν άλλον ερευνητή ο οποίος με εντελώς διαφορετικό τρόπο είχε προσεγγίσει το ίδιο πρόβλημα και είχε καταλήξει ακριβώς στο ίδιο συμπέρασμα, δηλαδή, ότι υπάρχει μια δύναμη έξω από τη φύση, που λέγεται **φυσική επιλογή**, τέτοια η οποία καθορίζει ποια είδη μπορούν να συνεχίσουν και ποιά δεν μπορούν να συνεχίσουν. Έτσι, οι δύο μαζί απεφάσισαν το 1858 να παρουσιάσουν ταυτόχρονες ανακοινώσεις στην Εταιρεία Φίλων του Λινναίου. Λίγο αργότερα, το 1859, ο Δαρβίνος παρουσίασε την κλασική πλέον θεωρία του για τη γένεση των ειδών (On the origins of species).

Με το που ανακοινώθηκε αυτή η θεωρία, προκάλεσε σάλο και χώρισε όλους τους ερευνητές σε δύο στρατόπεδα. Σ' εκείνους που ήταν υπέρ αυτής της θεωρίας και έβλεπαν τη φυσική επιλογή σαν μία πραγματική δύναμη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε τέτοιου είδους αλλαγές, και σ' εκείνους που δεν πίστευαν καθόλου σε τέτοια πράγματα. Μάλιστα επιφανείς επιστήμονες, θα λέγαμε η πλειοψηφία των επιστημόνων εκείνης της εποχής, ήταν εναντίον των απόψεων του Δαρβίνου.

Τι έλεγε όμως αυτή η θεωρία; Ποια ήταν τα θετικά της στοιχεία και ποια τα αρνητικά; Τα βασικά της σημεία ήταν τα παρακάτω:

1. Όλα τα είδη έχουν την τάση να αυξάνονται σε αριθμούς αλλά υπάρχουν δυνάμεις που διατηρούν τις ισορροπίες των αριθμών (πάλη για επιβίωση), και

2. Όταν η ποικιλότητα προστεθεί σε αυτά τότε είναι φανερό ότι θα δράσει η φυσική επιλογή. Η εξέλιξη λοιπόν είναι ένα διακλαδίζόμενο δένδρο και είναι θέμα τύχης ή ατυχίας αν ένας συγκεκριμένος κλάδος θα συνεχίσει ή όχι. Τέλος, τίποτε δεν δημιουργείται αυτόματα και από μόνο του, αλλά μέσα από μια πορεία διαδοχικών αλλαγών προσαρμογής.

Το θετικό της θεωρίας αυτής είναι ότι επιτρέπει την εξέλιξη να προχωρεί, να διακλαδίζεται. Δηλαδή, να έχουμε κοινούς προγόνους, κάποια από τα είδη να σταματούν, κάποια να συνεχίζουν να εξελίσσονται. Η αντίληψη εκείνης της εποχής, όπως είπαμε, ήταν ότι όλα αυτά έχουν μια γραμμική έκφραση και ξεκινούν από το ψάρι, σι' αμφίβια και φτάνουν μέχρι τον άνθρωπο.

Στα αρνητικά σημεία καταγράφονται ότι δεν εξηγεί σωστά την έννοια της κληρονομικότητας (δέχεται όπως και ο Λαμάρκ την κληρονομικότητα των χαρακτηριστικών) συζητά δε στα γραπτά του συνέχεια για ανάμειξη, για κάποιες μορφής ομογενοποίηση των κληρονομικών χαρακτηριστικών, αλλά προφανώς δεν μπορούσε να δώσει απάντηση ως προς αυτά. Το δεύτερο αρνητικό στοιχείο, το οποίο θα έλεγε κανένας ότι μέχρι και τη μεταπολεμική περίοδο, μέχρι περίπου το 1960 ταλάνισε πάντοτε τέτοιου είδους συζητήσεις, ήταν η ύπαρξη μεγάλων κενών ως προς την εξελικτική πορεία. Δηλαδή, η έλλειψη συνδυασμών κρίκων στα δένδρα, όταν λέμε ότι έτσι ήταν ένας οργανισμός πριν από τόσα εκατομμύρια χρόνια

και έτοι έγινε μετά από εκατό εκατομμύρια χρόνια. Εκείνη την εποχή δεν ήταν γνωστοί οι ενδιάμεσοι τύποι μέσα από απολιθώματα. Τα παραπάνω προβλήματα και η έντονη κριτική οδήγησαν τη θεωρία του Δαρβίνου σε παραγκωνισμό για τα επόμενα περίπου 40 χρόνια.

Οι μεγάλοι επιστήμονες των βιολογικών, ας τις ονομάσουμε, επιστημών στην αρχή του αιώνα μας, ο De Vries, ο Bateson και ο Weissman ήταν και οι τρεις βιομετρικοί. Δηλαδή, απλά παρατηρούσαν ένα φαινόμενο και έγραφαν από κάτω αποστάσεις, απογόνους, τα πάντα και βάση αυτών έβγαζαν διάφορα συμπεράσματα. Αυτοί όλοι ήταν αντίθετοι με τη θεωρία του Δαρβίνου.

Ο Weissman, από τους διαπρεπέστερους επιστήμονες εκείνης της εποχής που όλοι σεβόντουσαν τις απόψεις του, έκανε το πρώτο πείραμα με το οποίο απέδειξε ότι επίκτητες ιδιότητες δεν θα μπορούσαν ποτέ να κληρονομηθούν. Έκανε το πιο απλό πράγμα. Πήρε κάποια ποντικάκια των οποίων έκοβε την ουρά με το ψαλίδι. Μετά από πολλές γενιές που εξέτασε παρατήρησε ότι ποτέ δεν γεννήθηκαν ποντίκια με κομμένη ουρά. Επομένως, με σαφήνεια καταλήγει στο συμπέρασμα ότι μια επίκτητη ιδιότητα δεν κληρονομείται.

Ταυτόχρονα όμως με τις διάφορες ανατομικές μελέτες και με τη βοήθεια του Φίσερ (Fisher) το 1918, έγινε η πρώτη σύνθεση της θεωρίας του Δαρβίνου με τη θεωρία κληρονομικότητας του Μέντελ (που εκείνη την εποχή "ζανανακάλυπτε" η επιστημονική κοινότητα).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πρώτη παρουσίαση της θεωρίας του Μέντελ το 1860, δεν προκάλεσε το ενδιαφέρον κανενός. Όμως, στις αρχές του αιώνα μας, έγινε αντιληπτό ότι αυτή ήταν η θεωρία η οποία εξηγούσε με πάρα πολύ απλό τρόπο γιατί ένα χαρακτηριστικό κληρονομείται από τους γονείς στα παιδιά. Βασικά, ο Μέντελ εργαζόμενος με μπιζέλια και εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο κληρονομούνταν μορφολογικά γνωρίσματα των μπιζελιών, κατάφερε να καταδείξει με πολύ απλό τρόπο ότι οι δύο γονείς από τους οποίους προέρχεται ένας απόγονος συνεισφέρουν ισότιμα. Δηλ. ένα γνώρισμα δίνει ο πατέρας και ένα η μητέρα, σε οποιοδήποτε είδος οργανισμών. Τα δύο αυτά μπορεί να δίνουν έναν μόνο τύπο παρόμοιο με έναν από τους γονείς εμφανισιακά, ή έναν νέο τύπο. Στην επόμενη γενιά και πάλι οι ιδιότητες αυτές διαχωρίζονται με σταθερό τρόπο.

Με τη βοήθεια του Fisher (1918) αρχίζει η σύνθεση της θεωρίας του Δαρβίνου με τους νόμους του Μέντελ. Οι Fisher, Haldane και Weight ανεξάρτητα ο ένας ερευνητής από τον άλλο, δείχνουν πως η φυσική επιλογή του Δαρβίνου συμβαδίζει με τη θεωρία κληρονομικότητας του Μέντελ. Έτσι, γεννιέται ο Νεο-Δαρβινισμός.

Ο Julius Huxley (1942) στη συνέχεια με σειρά παραδειγμάτων του αποδεικνύει πως μπορούμε να πάρουμε τέτοια αποτελέσματα σε φυσικούς πληθυσμούς και ενδυναμώνει τη θεωρία του Νεο-Δαρβινισμού. Ο Θεοδόσιος Dobzhansky, φεύγοντας το 1927 από τη Σοβιετική Ένωση, μεταφέρει –εμφυσεί– και αναπτύσσει στις Ηνωμένες Πολιτείες τις πλέον εξελιγμένες αντιλήψεις του Νεο-Δαρβινισμού, ενώ στη συνέχεια ακολουθούν σειρά επιστημόνων που την αποδέχονται και τη διευρύνουν.

Τώρα πια, στα μέσα του αιώνα μας έχουμε μπει στην εποχή του Νεο-Δαρβινισμού. Σ' αυτόν θ' αναφερθεί λεπτομερώς ο επόμενος ομιλητής, ο καθηγητής κύριος Κριμπάς, ο οποίος είναι και ο πλέον κατάλληλος μιας και έχει ζήσει από κοντά πολλές από αυτές τις εξελίξεις ο ίδιος διαχρονικά και έχει ασχοληθεί επιστημονικά σε μεγάλη έκταση.

Ποιες είναι όμως οι νεώτερες αντιλήψεις; Τι γίνεται στη μεταπολεμική κυρίως περίοδο; Από το 1960 ιδιαίτερα και μετά, μπαίνουμε στην εποχή της Μοριακής Βιολογίας. Πολλαπλές θεωρίες αναπτύσσονται με κυρίαρχη τη θεωρία της ουδετερότητας του Kimura (1968). Με απλά λόγια, η θεωρία του Kimura λέει ότι οποιαδήποτε αλλαγή και να γίνεται είναι ουδέτερη και δεν έχει κανένα λόγο να προετοιμάσει τον οργανισμό για κάποια φυσική επιλογή. Βασικά στοιχεία της νέας περιόδου είναι η αλλαγή του τρόπου προσέγγισης των προβλημάτων, από καθαρά τυπολογική (τυπολατρική) των συστηματικών-ταξινομητών στο παρελθόν, σε αναλυτική και πολυπαραμετρική στο παρόν. Με μια σειρά από νέα δεδομένα στα οποία θα αναφέρω και εγώ, οδηγούμεθα σε νέες αντιλήψεις για μοριακά ωρολόγια και κατευθυνόμενες εξελίξεις κ.λ.π.

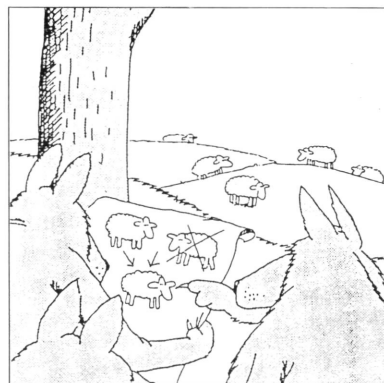
Εκείνο όμως, που παραμένει είναι η ουσία του θέματος, και θα ήθελα εδώ να το τονίσω, για να πάρω και θέση κατευθείαν είναι ότι σε ότι αφορά την έννοια της εξέλιξης, οι βασικές παράμετροι, τα βασικά δεδομένα, αλλά κυρίως η προσέγγιση που έχει ο κάθε ερευνητής είναι αυτή που καθορίζουν τις θεωρίες και διαφοροποιούν τα συμπεράσματα του καθενός.

Χωρίς να επιθυμώ να σας φορτώσω με δύσκολες έννοιες, θα αναφερθώ σε 2-3 εντελώς βασικά στοιχεία ώστε να είναι κατανοητή η μετέπειτα ανάλυση.

Πρώτα απ' όλα ας εξετάσουμε τις γενετικές δυνάμεις που επηρεάζουν την έννοια της εξέλιξης. Βασικό στοιχείο της Γενετικής είναι ότι όλοι οι οργανισμοί αποτελούνται από βασικά κοινά στοιχεία. Το DNA είναι το κληρονομικό υλικό, και βάσει αυτού κληρονομούνται τα πάντα.

Στη Γενετική πληθυσμών ισχύει ένας βασικός κανόνας, ο κανόνας της γενετικής σταθερότητας (Hardy-Weinberg). Αν δηλ. έχουμε να εξετάσουμε την κληρονομικότητα ενός ζευγαριού γονιδίων  $A_1$ ,  $A_2$  σε έναν πληθυσμό πειραματόζων, π.χ. τα μυγάκια του εργαστηρίου (δροσόφιλα), τα οποία έχουν τη δυνατότητα να διασταυρώνονται μεταξύ τους με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς και το ίδιο γίνεται και στους απογόνους τους, τότε η αρχική αναλογία των γονιδίων θα παραμένει πάντα σταθερή στον πληθυσμό όσες γενιές και αν παρέλθουν.

Αυτή η σταθερότητα είναι μια συντηρητική δύναμη. Επειδή όμως γνωρίζουμε ότι τα πράγματα αλλάζουν σταδιακά πρέπει να δούμε και μια άλλη δύναμη η οποία μπορεί ν' αλλάξει την προηγούμενη σχέση, αυτή είναι η δύναμη της φυσικής επιλογής. Για παράδειγμα η διπλανή εικόνα δίνει με τον πιο απλό και αστείο τρόπο την έννοια της φυσικής επιλογής.



Εικόνα 1  
Natural selection at work  
The Far Side cartoon by Gary Larson is  
reprinted by permission of Chronicle  
Features, San Francisco, CA. All rights  
reserved.

Ένας οργανισμός δεν ζει μόνος του στο φυσικό του περιβάλλον. Ζει είτε σε μικρούς αριθμούς είτε σε μεγάλους πληθυσμούς ( π.χ. φυτά-ζώα) και όλοι τους υπόκεινται στις επιδράσεις του κλίματος, του περιβάλλοντος, αλλά και των άλλων οργανισμών που ζουν ταυτόχρονα στον ίδιο χώρο. Εάν όμως οι πληθυσμοί αρχίσουν και μικραίνουν, για οποιονδήποτε λόγο, τότε γίνονται δύο πράγματα. Είτε τείνουν να εξαφανιστούν, οπότε αυτό είναι πάρα πολύ κακό για τον οργανισμό, ή τείνουν να παρουσιάζουν όλοι οι απομεινάντες τα ίδια χαρακτηριστικά.

Για παράδειγμα, σε γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές μπορεί κανείς να δει ακόμα και ανθρώπους οι οποίοι έχουν κάποια κοινά (μορφολογικά) χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Δηλ., όλοι μέσα σε ένα χωριό να μοιάζουν, π.χ. μεγάλα αυτιά. Παρομοίως, ζώα του ίδιου είδους, απομονωμένα σε ένα νησί να μοιάζουν πολύ μεταξύ τους σαν να είναι πανομοιότυπα. Οι μικροί λοιπόν πληθυσμοί παρουσιάζουν τάση είτε προς εξαφάνιση, είτε προς τον καθορισμό ενός και μόνο τύπου. Εδώ, θα πρέπει να αναφερθούμε και στην ικανότητα των ετερόζυγων ατόμων να επιβιώνουν το ίδιο καλά με τα ομόζυγα. Δηλ. αυτά τα άτομα που έχουν πάρει ένα γονίδιο από τον πατέρα και ένα από τη μητέρα τους (ισχύει για οποιονδήποτε οργανισμό), και τα γονίδια αυτά έχουν διαφορές μεταξύ τους, π.χ. το ένα έχει πάθει κάποια ζημιά και κωδικοποιεί για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία, ενώ το άλλο είναι το “καλό” γονίδιο, έχουν ακριβώς τις ίδιες δυνατότητες με εκείνα (ομόζυγα) που έχουν και τα δύο γονίδια “καλά” (σωστά).

Ένα απλό παράδειγμα που μας δίνει την έκταση επίδρασης εξωγενών δυνάμεων σε αυτά τα άτομα είναι η περίπτωση της μεσογειακής αναιμίας. Στις αρχές του αιώνα μας, ιδιαίτερα στη μεσογειακή λεκάνη, οι κάτοικοι των περιοχών μαστιζόταν από ελονοσία. Η ασθένεια αυτή προκαλούσε το θάνατο των υγιών ατόμων (με δύο “καλά” γονίδια) επειδή καταστρέφει τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Αντίθετα, τα άτομα που είχαν δύο γονίδια με τη ζημιά, επειδή τα ερυθρά κύτταρά τους δεν είχαν το κανονικό σχήμα αλλά ήταν σαν μισοφέγγαρο δεν επέτρεπαν την είσοδο του τρυπανοσώματος, δηλ. του παρασίτου που προκαλεί την ελονοσία. Με αυτού του τύπου τη φυσική επιλογή εναντίον των υγιών ατόμων, αυξήθηκε σημαντικά ο αριθμός των ατόμων που έπασχαν από μεσογειακή αναιμία. Αποτέλεσμα, μεγάλοι πληθυσμοί σ' όλη τη μεσογειακή λεκάνη, ακόμα πάσχουν από τη μεσογειακή αναιμία και ιδιαίτερα οι νησιωτικοί πληθυσμοί όπου ισχύει και η έννοια της γεωγραφικής απομόνωσης (στην Ελλάδα, η Εύβοια, η Ρόδος και η Κέρκυρα είναι οι περιοχές, οι οποίες έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά μεσογειακής αναιμίας). Αν μάλιστα θυμηθούμε πώς τα παλαιότερα χρόνια γινόντουσαν οι γάμοι, πόσο περιορισμένη ήταν η μετακίνηση από ένα χωριό σε ένα άλλο χωριό, είναι σαφέστατο ότι τέτοιου είδους στοιχεία, όπως είναι η γεωγραφική απομόνωση είναι από αυτά τα οποία μπορούν να οδηγήσουν είτε στην εξαφάνιση, είτε στη δημιουργία κάποιου πληθυσμού με μεγάλες ομοιότητες.

Το τρίτο στοιχείο που θα ήθελα ν' αναφερθώ είναι κάτι πάρα πολύ συνηθισμένο, το γνωρίζουν όλοι οι γεωργοί και ας μην ξέρει κανένας τους ούτε γενετική, ούτε βιολογία, ούτε τίποτε από αυτά. Ξέρουν ότι τα υβρίδια είναι πολύ καλύτερα από τις καθαρόαιμες καλλιέργειες και μπορούν να παράγουν υβρίδια, τα οποία φτιάχνουν πολύ καλύτερο καλαμπόκι με περισσότερα σπόρια κ.λ.π., σιτάρι, κριθάρι, τα πάντα.

Τι είναι όμως τα υβρίδια; Είναι οι ετερόζυγοι εκείνοι τύποι που πήραν από τους γονείς τους δύο διαφορετικά μεταξύ τους αλληλόμορφα γονίδια. Σε αντίθεση με τους καθαρόαιμους (ίδια αλληλόμορφα γονίδια, είναι εκείνα που έχουν τις καλύτερες ιδιότητες, π.χ. ύψος, μέγεθος καρπού, αριθμό σπορίων

κ.λ.π. Εδώ έχουμε την περίπτωση όπου ο ετερόζυγος αυτός τύπος (υβρίδιο) έχει κάποια “πλεονεκτήματα” απέναντι στους ομόζυγους-καθαρόαιμους οπότε το “περιβάλλον” επεμβαίνει και τα επιλέγει. Και το περιβάλλον είμαστε εμείς. Σημειωτέον ότι, το καλαμπόκι που τρώμε δεν είναι ο φυσικός τύπος του καλαμποκιού, που πρωτοεμφανίστηκε προ χιλιάδων ετών. Το πρώτο-πρώτο καλαμπόκι είχε βυσοσινί χρώμα και ήταν πάρα πολύ στυφό στη γεύση. Ακολούθησε μια επιλογή τυχαία στην αρχή, π.χ. κάποιος ανακάλυψε ότι καλαμπόκια με κίτρινα σπόρια άμα τα βάλει και τα μασουλίζει στο στόμα του, έχουν μια γλυκιά γεύση και από εκεί και πέρα άρχισε η συστηματική καλλιέργεια του καλαμποκιού που θεωρούμε σήμερα φυσικό τύπο.

Το επόμενο στοιχείο, στο οποίο θα αναφερθούμε και που είναι γνωστό ότι διαδραματίζει πολύ μεγάλο ρόλο, είναι η μετανάστευση των πληθυσμών. Όταν μεταναστεύουν οι πληθυσμοί αλλάζει αυτό που λέμε η δεξαμενή των γονιδίων. Παράδειγμα οι Ηνωμένες Πολιτείες. Ο γηγενής πληθυσμός ήταν οι ερυθρόδερμοι. Αυτούς καταφέρανε και τους εξοντώσανε σ' επίπεδο που έχουν γίνει περίπου σαράντα με πενήντα χιλιάδες τώρα (“φυσική επιλογή”). Σε επόμενη φάση, όταν υπήρχε ανάγκη από εργατικό δυναμικό ακολούθησε η μεταφορά σκλάβων. Κάποιους αφήσανε στην Καραϊβική και κάποιους πήρανε μαζί τους. Έτσι, ενώ ο φυσικός πληθυσμός των Αμερικάνων θα έπρεπε να ήταν δεκάδες εκατομμύρια ερυθρόδερμοι όπως γνωρίζουμε κυριαρχούν οι λευκοί ( $\approx 78\%$ ) και μαύροι ( $22\%$ ) μετανάστες. Εάν δε κοιτάσουμε πώς είναι τα γονίδια των μαύρων της Αμερικής σε σύγκριση με τους πατρογονικούς εάν θέλετε τύπους της Αφρικής, έχει βρεθεί πρόσφατα ότι υπάρχει μια απόκλιση περίπου  $20\%$ . Και αυτό έχει γίνει μόλις μέσα σε διακόσια χρόνια.

Ένα από τα πλέον γνωστά στοιχεία που παρατηρούμε στη φύση είναι η ποικιλότητα. Για παράδειγμα οι πασχαλίτσες, που μπορούν να εμφανιστούν σε χιλιάδες διαφορετικά χρώματα. Αναρωτιέται λοιπόν κανείς για ποιο λόγο έχουμε τόσο μεγάλη ποικιλότητα αυτών των χαρακτήρων; Υπάρχει κανένα πλεονέκτημα, υπάρχει κανένα μειονέκτημα; Είναι απλά και μόνο η φύση που το κάνει;

Θυμηθείτε, ότι πολλές φορές, μια μεταλλαγή, η οποία δείχνει έναν οργανισμό με πιο πλουμιστά στοιχεία, μπορεί να έχει επιλεκτικό χαρακτήρα. Αν για παράδειγμα υπάρχει ένας κόκκορας (ή οποιοδήποτε άλλο πτηνό) με άφθονο πτέρωμα, πολύχρωμα και μεγάλα φτερά, είναι καμαρωτός κ.λ.π. ως προς τις διασταυρώσεις έχει τη δυνατότητα της επιλεκτικότητας του συζευκτικού συντρόφου σε σύγκριση με έναν άλλο κακομοιριασμένο, χωρίς φτερά κ.λ.π. Υπάρχει δηλ. ένας φαβοριτισμός της φύσης. Εάν τώρα εμφανιστούν στην περιοχή που ζει κάποια γεράκια, το ζώο αυτό είναι ορατό πολύ ευκολότερα από ένα άλλο ζώο, το κακομοιριασμένο, το οποίο είναι σχεδόν το ίδιο χρώμα με το χώμα. Επομένως, τα γεράκια θα φάνε πρώτα τον “πλουμιστό” κόκκορα, κι έτσι οι “πλουμιστοί” κόκκορες θα αρχίσουν να μειώνονται στον πληθυσμό μέχρι και θα εξαφανιστούν. Επομένως, οι ποικιλότητες που αρχίζουν να εμφανίζονται μέσα στο ίδιο το είδος ανάλογα με τις συνθήκες που υπάρχουν τριγύρω μπορούν να επιλέγονται, ή να μην επιλέγονται.

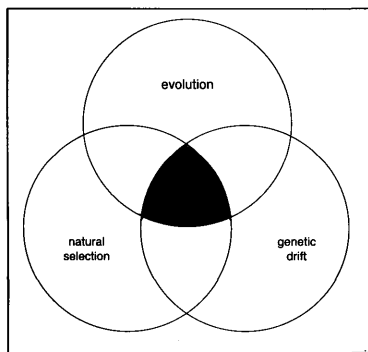
Ίσως το πλέον αντιπροσωπευτικό παράδειγμα που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να μεταστραφεί η έννοια της φυσικής επιλογής όταν υπάρχει ποικιλότητα είναι αυτό των σκώρων του Μάντσεστερ Αγγλίας στη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης. Το φυσικό χρώμα αυτών των σκώρων ήταν λευκόγκριζο και έτσι πάνω στα δένδρα δεν φαίνονταν καθόλου, με αποτέλεσμα να αυξάνονται απρόσκοπτα σε αριθμούς.



Όταν άρχισε η βιομηχανική επανάσταση και έβγαινε τέτοια καρβουνίλα, όλα τα δένδρα και τα σπίτια άρχισαν να μαυρίζουν. Σε ένα μαύρο όμως υποβάθρο, π.χ. μαύρο δένδρο, ένα λευκόγκριζο έντομο φαίνεται πάρα πολύ έντονα. Τα κοράκια και όλα τ' άλλα τα πουλιά που τρέφοντο από αυτό, το τρώγα-νε με ευκολία και άρχισε σιγά-σιγά να μειώνεται εντελώς ο πληθυσμός αυτών των εντόμων. Ξαφνικά λοιπόν βλέπουμε κάποια τυχαία μεταλλαγή, που δημιουργεί ένα μαύρο έντομο. Αυτό, έχει το πλεονέ-κτημα να μην αναγνωρίζεται από τα πουλιά, οπότε και οι απόγονοί του έχουν το ίδιο πλεονέκτημα. Έτσι, μέσα σε μια εικοσαετία άλλαξε ο φυσικός πληθυσμός και εκεί που τα μαύρα ήταν μόλις ένα στα χίλια, έγιναν 20-30%. Από το 1950 και μετά άρχισε ο κόσμος να διαμαρτύρεται και να ζητά την προστα-σία του περιβάλλοντος. Έτσι μπήκαν κάποια φίλτρα στα εργοστάσια, έγιναν αυστηρότερες διατάξεις για τα εργοστάσια, δημιουργήθηκε η όξινη βροχή, κ.λ.π. οπότε άρχισαν να καθαρίζουν λιγάκι τα πράγματα. Τώρα πια, οι πληθυσμοί των μαύρων εντόμων γίνονται εύκολα αντιληπτοί από τα πουλιά, οπότε αρχίζει η εξαφάνισή τους. Τελικά, μέσα σε 100 περίπου χρόνια, εντελώς από τυχαία γεγονότα, οι πληθυσμοί επανήλθαν εκεί που ήταν.

Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι η έννοια της εξέλιξης έχει στοιχεία που επικαλύ-πτονται με τις έννοιες της φυσικής επιλογής και της γενετικής παρέκκλισης, δηλαδή όταν μικραίνουν οι πληθυσμοί, μπορεί να συμβαίνουν σημαντικές αποκλίσεις από τους γενικούς κανόνες της Γενετικής πληθυσμών.

Οι τρεις αυτές έννοιες είναι τρεις παράμετροι, που παίζουν σημαντικότερο ρόλο και οι οποίες τέμνο-νται αν και διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ τους. Δεν θα πρέπει όμως να θεωρηθεί ότι ταυτίζονται. (βλ. σχήμα 1).

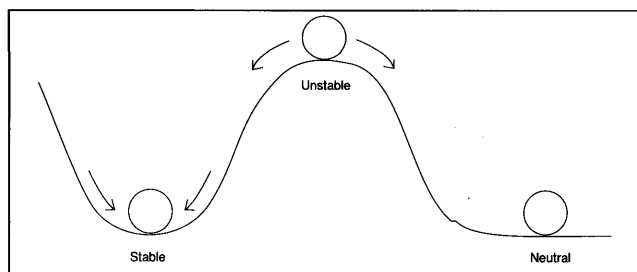


Σχήμα 1

Όπως ανέφερε στην ομιλία του ο κ. Σέκερης, η γενετική πληροφο-ρία κωδικοποιείται με ένα χημικό μόριο το οποίο λέγεται DNA. Αποτελείται από τέσσερις διαφορε-

τικές βάσεις, οι οποίες μπορούν να συνδυάζονται μεταξύ τους σε οποιοσδήποτε συνδυασμούς. Σε γενικές γραμμές περίπου 1000 τέτοιες βάσεις φτιάχνουν ένα γονίδιο. Τα δε γονίδια όταν μεταφράζονται μέσα στα κύτταρα φτιάχνουν τις πρωτεΐνες ο τρόπος με τον οποίο αποκωδικοποιείται το γενετικό μήνυμα των γονιδίων είναι η ανάγνωση των τριπλετών (δηλ. 3 βάσεις μαζί), που κάθε τριπλέτα δημιουργεί και

Όλες οι παραπάνω δυνάμεις επηρεάζουν έντονα και τις γενετικές ισορροπίες που αφορούν τη συμπεριφορά ατόμων ή πληθυσμών. Οι γενετικές ισορροπίες στις οποίες μπορεί να βρίσκονται κάποιοι πληθυσμοί μπορεί να είναι ουδέτερες, ασταθείς ή σταθερές (βλ. σχήμα 2).



Σχήμα 2

ένα αμινοξύ. Ο τρόπος που μεταφράζεται ένα γενετικό μήνυμα είναι ακριβώς ο ίδιος από τα βακτήρια μέχρι τον άνθρωπο. Μια τριπλέτα λοιπόν, δίνει το ίδιο αμινοξύ σε οποιονδήποτε οργανισμό π.χ. ΑΤΓ. Επομένως, η μετάφραση πανομοιότυπων γενετικών μηνυμάτων είναι ταυτόσημη για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Όλοι οι συνδυασμοί των 4 βάσεων, ανά τρεις, είναι 64. Επομένως το μέγιστο που θα μπορούσαμε να έχουμε θα ήταν 64 διαφορετικά αμινοξέα. Στην πράξη όμως γνωρίζουμε ότι ένα μήνυμα αρχίζει από κάπου (τριπλέτα έναρξης) και τελειώνει σε κάποιο σημείο (τριπλέτα λήξης), καθώς και ότι τα αμινοξέα είναι 20. Άρα κάποιες τριπλέτες μπορεί να κωδικοποιούν για το ίδιο αμινοξύ και κάποιες από τις τριπλέτες παίζουν το ρόλο σημείων έναρξης και λήξης του μηνύματος.

Όταν οι βάσεις αυτές πάθουν κάποια ζημιά, είτε τυχαία από μόνες τους, είτε από εξωγενείς παράγοντες, (π.χ. χημικές ουσίες, ακτινοβολίες), τότε δημιουργείται μια μεταλλαγή. Δηλαδή, π.χ. θα μπορούσε ν' αλλάξει η τριπλέτα ΑΑΓ και να γίνει ΑΤΓ. Θα ρωτήσει κανένας μπορεί να έχει συνέπειες αυτό το πράγμα; Όπως καταλαβαίνετε, όταν η μεταλλαγή συμβεί στο τρίτο γράμμα μιας τριπλέτας, μπορεί και να μην έχει επίπτωση. Αν όμως αυτή αφορά την τριπλέτα της έναρξης ή λήξης τότε έχει τρομερές επιπτώσεις.

Το ίδιο γίνεται και αν από τη νέα τριπλέτα προκύπτει ένα άλλο αμινοξύ με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες. Οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές για τον οργανισμό.

Η πολυπλοκότητα όμως της οργάνωσης του γενετικού υλικού είναι πολύ μεγαλύτερη. Ένας οργανισμός έχει μερικές δεκάδες χιλιάδες γονίδια. Τα γονίδια δεν δρουν το καθένα ξεχωριστά, αλλά συνεργάζονται. Μία μορφή συνεργασίας από αυτές που ονομάζονται πιο πολύπλοκες, σε έναν διπλό οργανισμό όπως ένα βακτήριο είναι το περίφημο όπερον. Εκεί έχουμε 5-6 γονίδια μαζί το ένα δίπλα στο άλλο, που συνεργάζονται όλα μαζί για την ίδια λειτουργία, π.χ. το μεταβολισμό της λακτόζης. Προκειμένου ένας οργανισμός να καταναλώσει (μεταβολίσει) τη λακτόζη χρειάζεται κάποια γονίδια που θα βοηθήσουν το σάκχαρο αυτό να περάσει μέσα στο κύτταρο, αλλά που θα προκαλέσουν μια τροποποίηση του σακχάρου, καθώς και άλλα που θα το τεμαχίσουν σε μικρότερα μόρια. Τρία από τα 6 γονίδια του όπερου κάνουν τις παραπάνω εργασίες. Όμως τα πιο σπουδαία είναι τα άλλα τρία, τα ρυθμιστικά. Αυτά καθορίζουν το πόσο γρήγορα θα μπαίνει στο κύτταρο η λακτόζη, πόσο γρήγορα θα τεμαχίζεται και σε ποια ποσά θα εμφανίζονται τα προϊόντα (ένζυμα και πρωτεΐνες) των άλλων 3 γονιδίων. Τέλος, καθορίζουν πότε ο οργανισμός θα σταματήσει να παράγει τα παραπάνω ένζυμα ή πρωτεΐνες.

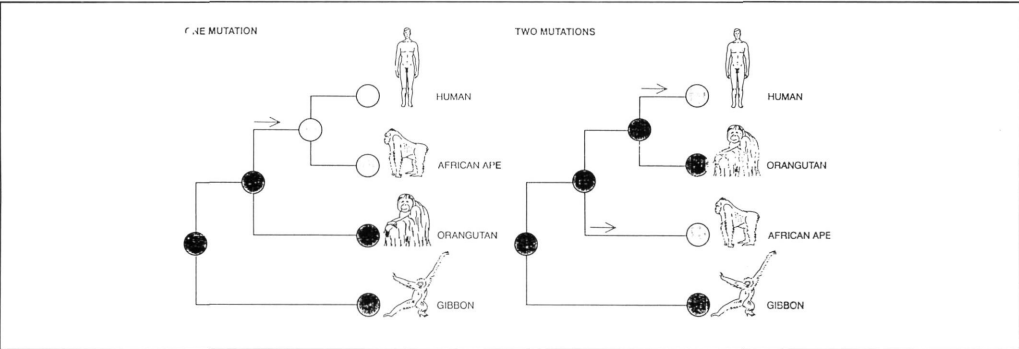
Καταλαβαίνετε λοιπόν, ότι υπάρχει μια τεράστια πολυπλοκότητα, ακόμα και για τα πιο απλά θέματα. Η πολυπλοκότητα αυτή των χαρακτήρων θα πρέπει να μη μας τρομάζει, δεν αποτελεί στάδιο, το οποίο δεν μας επιτρέπει να εξηγήσουμε φαινόμενα, αλλά θα πρέπει να την έχει κανείς πάρα πολύ καλά υπόψη του.

Ακριβώς αυτά τα φαινόμενα έδωσαν τη βάση σκέψης των επιστημόνων για την ερμηνεία της εξέλιξης και από τότε (1960) μέχρι και σήμερα οι προσεγγίσεις της εξέλιξης έγιναν όλο και πιο μοριακές.

Επί τροχάδην, λοιπόν, για να μη σας κουράζω με πολύπλοκες έννοιες-πληροφορίες, ο πολυμορφισμός πρωτεϊνών στην αρχή επέτρεπε τις συγκρίσεις μεταξύ των ειδών και πληθυσμών. Αργότερα, διάφορες ανοσολογικές μέθοδοι καθώς και οι συγκρίσεις πρωτεϊνικών μορίων που κάνουν την ίδια λειτουργία σε πολλούς και διαφορετικούς οργανισμούς επέτρεπαν την παρακολούθηση της πορείας εξέλιξης των συγκεκριμένων μορίων. Για να φθάσουμε στη σημερινή εποχή όπου η σύγκριση των ακολουθιών του DNA οργανισμών, για κωδικοποιητικά ή μη μόρια, οι υβριδισμοί του DNA με συγκεκριμένα

ιχνυθημένα, μόρια και οι συγκρίσεις πολυμορφικών μορίων DNA που προκύπτουν από πέψη με ενδονουκλεασες επιτρέπουν τον εμπλουτισμό των γνώσεών μας και τα ασφαλέστερα συμπεράσματα. Σε αυτά τέλος, θα πρέπει να προστεθούν οι συγκρίσεις μιτοχονδριακών DNA ή DNA που κωδικοποιούν για ένα πολύ συντηρητικό σύμπλεγμα γονιδίων, τα “ριβοσωμικά” γονίδια (rDNA), και κυρίως η κατευθυνόμενη μεταλλαξογένεση που προσφέρουν ουσιαστικές πληροφορίες για την πορεία της εξέλιξης.

Με τους τρόπους αυτούς μπορεί να βλέπει κανείς τις σχέσεις μεταξύ διαφόρων οργανισμών (βλ. εικόνα 2) και να δημιουργούνται εξελικτικά δένδρα (δενδρογράμματα, βλ. εικόνα 3).



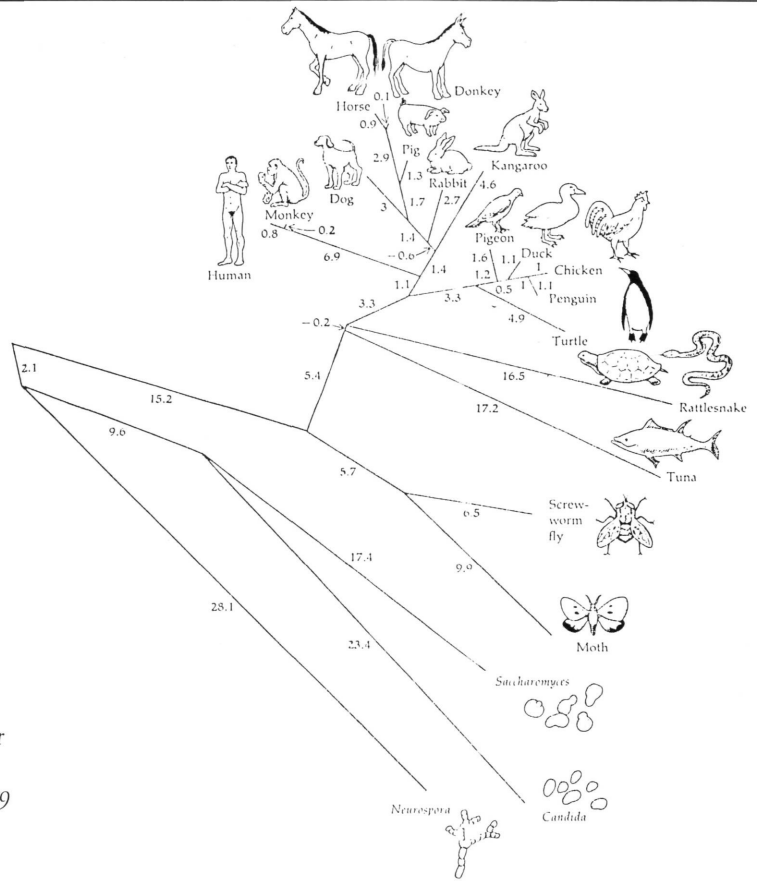
Εικ. 2

|            |                                                                             |                                                     |                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| HUMAN      | 1                                                                           | 10                                                  |                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CHIMPANZEE | ATA ACC ATG CAC ACT ACI                                                     | ATA ACC ACC CTA ACC CTG ACT TCC CTA ATT CCC CCC ATC | CTT ACC ACC CTC GTT AAC CCT AAC     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| GORILLA    | ATA ACC ATG TAT ACT ACC ATA ACC ACC TTA ACC CTA ACT CCC TTA ATT CTC CCC ATC | CTG ACC ACC CTC ATT AAC CCT AAC                     |                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ORANGUTAN  | ATA ACI ATG TAC GCT ACC ATA ACC ACC TTA GCC CTA ACT TCC TTA ATT CCC CCI     | ATC CTT ACC ACC TTC ATT AAI CCT AAC                 |                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| GIBBON     | ACA GCC ATC TTI ACC ACC ATA ACI GCC CTC ACC TTA ACT TCC CTA ATC CCC CCC ATT | ACC GCI ACC CTC ATT AAC CCC AAC                     |                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| HUMAN      | ATA GCA ATG TAC ACC ACC ATA GCC ATI                                         | CTA ACG CTA ACC TCC CTA ATT CCC CCC ATT             | ACA GCC ACC CTT ATT AAC CCC AAC     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CHIMPANZEE | AAA AAA AAC TCA TAC CCC CAT TAT                                             | GTA AAA TCC ATT GTC GCA TCC ACC TTT ATT             | ATC AGT CTC TTC CCC ACA ACA ATA TTC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CHIMPANZEE | AAA AAA AAC TCA TAT CCC CAT TAT                                             | GTG AAA TCC ATT ATC GCG TCC ACC TTT ATC             | ATT AGC CTT TTC CCC ACA ACA ATA TTC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| GORILLA    | AAA AAA AGC TCA TAC CCC CAT TAC                                             | GTA AAA TCT ATC GTC GCA TCC ACC TTT ATC             | ATC AGC CTC TTC CCC ACA ACA ATA TTT |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ORANGUTAN  | AAA AAA AAC CCA TAC CCC CAC TAT                                             | GTA AAA ACG GCC ATC GCA TCC GCC TTT ACT             | ATC AGC CTT ATC CCA ACA ACA ATA TTT |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| GIBBON     | AAA AAG AAC TTA TAC CCG CAC TA                                              | GTA AAA ATG ACC ATT GCC TCI ACC TTT ATA             | ATC AGC CTA TTT CCC ACA ATA ATA TTC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| HUMAN      | ATG TGC CTA CAC CAA GAA GTT ATT                                             | ATC TCG AAC TGA CAC TGA GCC ACA ACC CAA             | ACA ACC CAG CTC TCC CTA AGC         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CHIMPANZEE | ATA TGC CTA GAC CAA GAA GCT ATT                                             | ATC TCA AAC TGG CAC TGA GCA ACA ACC CAA             | ACA ACC CAG CTC TCC CTA AGC         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| GORILLA    | CTA TGC CTA GAC CAA GAA GCT ATT                                             | ATC TCA AGC TGA CAC TGA GCA ACA ACC CAA             | ACA ATT CAA CTC TCC CTA AGC         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ORANGUTAN  | ATC TGC CTA GGA CAA GAA ACC ATC                                             | GTC ACA AAC TGA TGC TGA ACA ACC ACC                 | CAG ACA CTA CAA CTC TCA CTA AGC     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| GIBBON     | ATG TGC ACA GAC CAA GAA ACC ATT                                             | ATT TCA AAC TGA CAC TGA ACT GCA ACC CAA             | ACG CTA CAA CTC TCC CTA AGC         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Branching diagrams, or phylogenetic trees (top), showing the descent of the hominoids can be constructed on the basis of DNA sequences such as those at the bottom. Colored disks in the diagrams show the presence of a particular base (or amino acid) at a given position in a DNA (or protein) sequence for both humans and African apes (chimpanzees and gorillas). Gray disks show that a different base (or amino acid) is present at that position in orangutans and gibbons (Asian apes). The diagram at the upper left accounts for the sequence differences among the hominoid lineages with one mutation on the lineage leading to the common ancestor of humans and African apes (arrow). The diagram at the upper right, in contrast, requires two mutations (arrows) to account for the data; it is less likely to be correct. The order in which humans diverged from chimpanzees and gorillas is still in dispute. The 79 codons shown in the bottom section of the illustration code, in the various hominoids, for part of a protein (NAD dehydrogenase 5) that functions in energy production within the mitochondrion. The sequences differ mostly by base replacements at third positions of codons (gray panels). The 16 colored panels indicate positions at which the African ape sequence resembles the human sequence.

Εικ. 3

Phylogeny of 20 organisms, based on differences in the amino acid sequence of cytochrome c. The phylogeny agrees fairly well with evolutionary relationships inferred from the fossil record and other sources. The minimum number of nucleotide substitutions required for each branch is shown. [After W.M. Fitch and E. Margohash, Science 155:279 (1967).]



Το εάν ένα γονίδιο εξελίσσεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από κάποιο άλλο, ενώ ένα τρίτο με ακόμα μικρότερη είναι καθαρά θέμα επιλογής που γίνεται στη φύση.

Εδώ θα προσπαθήσω να σας κάνω μέσα σε λίγα λεπτά ένα “τουρ” στην ιστορική πορεία της εξέλιξης ώστε να μείνουμε σε 1-2 θεμελιακά σημεία της.

Πρώτα δημιουργείται η γη. Η γη σύμφωνα με όλα τα δεδομένα που έχουμε είναι ηλικίας περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Περιστροφόμενη γύρω από τον εαυτό της αρχίζει να κρυώνει αρκετά η επιφάνειά της έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται μεγάλους όγκους νερών. Προ 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια δημιουργούνται οι πρώτοι ποταμοί, προκαλούν διαβρώσεις και ιζηματογένεση, αλλά δεν υπάρχει ένδειξη ζωής.

Στην προηγούμενη ομιλία, ο κ. Σέκερης αναφέρθηκε στη δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών για τη δημιουργία ζωής μέσα από τον περίφημο χυλό των αμινοξέων, βάσεων κλπ, οπότε δεν θα αναφερθώ σε αυτά.

Φτάνουμε στα 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα. Βλέπουμε μέσα από απολιθώματα ότι στη νότια Αφρική εμφανίζονται οι πρώτες μορφές ζωής. Οι πρώτες μορφές ζωής είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, είναι τα φωτοσυνθέτοντα κυανοβακτήρια.

Επομένως, η διάρκεια της εξέλιξης από τη στιγμή που αρχίζει και φτιάχνονται τα πρώτα μόρια (ο χυλός) μέχρι να φτιαχτεί ο πρώτος μονοκύτταρος οργανισμός, είναι περίπου πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια. Ακριβώς τόσο, όσο η διάρκεια της εξέλιξης από τους πρώτους πολυκυτταρικούς οργανισμούς (τα κνιδόζωα) στα πρώτα αμφίβια που εποίκουν τη στεριά.

Η προβιοτική περίοδος χαρακτηρίζεται από την έλλειψη οξυγόνου και ακριβώς επειδή δεν υπάρχει οξυγόνο και δεν έχει φτιαχτεί γύρω από τη στρατόσφαιρα το όζον, οι υπεριώδεις ακτινοβολίες περνούν σε τεράστια ποσά, (αυτά θα ήταν σήμερα θανατηφόρα για κάθε οργανισμό) και επιτρέπουν μια πάρα πολύ αυξημένη μεταλλακτική δράση. Ως γνωστόν, οι υπεριώδεις ακτίνες αλλάζουν το DNA και προκαλούν μεγάλες αλλαγές σ' αυτό (τις μεταλλάξεις).

Επί δύο δισεκατομμύρια χρόνια όλοι οι οργανισμοί που δημιουργούνται είναι μονοκύτταροι σαν τα σημερινά βακτήρια. Όλοι τους είναι αναερόβιοι (δηλ., δεν ξέρουν τι σημαίνει το οξυγόνο) και καταναλώνουν συνεχώς το χυλό που έχει δημιουργηθεί. Ωσπου τα φωτοσυνθέτοντα βακτήρια δημιουργούν σιγά-σιγά μια οξειδωτική ατμόσφαιρα, η οποία πλέον είναι δηλητηριώδης για όλους τους αναερόβιους οργανισμούς. Όλες οι παλαιοντολογικές ενδείξεις δείχνουν ότι η έντονη αυτή οξείδωση (αυξημένη η παρουσία του οξυγόνου) ξεκίνησε μεταξύ 2,2 δισεκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα έως και 1,9 δισεκατομμύρια χρόνια.

Η φάση αυτή της εξέλιξης της ζωής πάνω στον πλανήτη μας, ίσως ήταν και η πλέον σημαντική. Ήταν τόσο κρίσιμη η καμπή αυτή, που ο πλανήτης μας θα μπορούσε να είχε οδηγηθεί στην αφάνεια, δηλ. θα μπορούσαν να είχαν εξαφανιστεί όλοι οι οργανισμοί, να είχαν πεθάνει από αυτό το ίδιο το προϊόν που παρήγαγαν και σήμερα θεωρείται το αναγκαίο για τη ζωή, το οξυγόνο. Ήταν πραγματικά μια ευτυχής συγκυρία ότι στην ίδια ακριβώς εποχή έχουμε μια παράλληλη εξέλιξη και δημιουργούνται οι πρώτοι οργανισμοί, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα εκτός από τη φωτοσύνθεση να χρησιμοποιούν και το οξυγόνο, δηλαδή, να μπορούν ν' αναπνέουν.

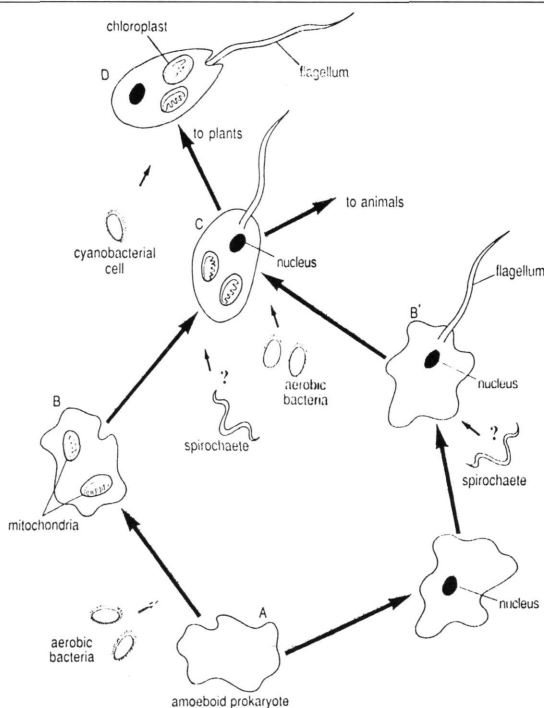
Επί 2,7 δισεκατομμύρια έτη (3,5-0,8 δισεκατομμύρια) υπάρχει μια πλήρης επικράτηση των ευβακτηρίων στη γη. Μόλις προ 1,5-1,4 δισεκατομμύρια χρόνια κάνουν την εμφάνισή τους οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, με τη μορφή των χλωροφύτων. Τι σημαίνει αυτό πρακτικά; Σημαίνει ότι τώρα πια, το DNA, αυτό το πολύτιμο γενετικό υλικό κρύβεται μέσα σ' έναν πυρήνα, προστατεύεται από πρωτεϊνικά μόρια (χρωματίνη) και η έκφρασή του ρυθμίζεται σιγά-σιγά με νέους διαφορετικούς τρόπους. Είναι η αρχή πλέον δημιουργίας νέων μορφών οργανισμών και ταχύτερης εξέλιξης της ζωής.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα τώρα των ευκαρυωτικών οργανισμών, είναι δύο διαφορετικών φύλων, αρσενικού και θηλυκού. Αρχίζει ο εγγενής πολλαπλασιασμός ο οποίος επιτρέπει ατελείωτους συνδυασμούς μέσω των επιχιασμών στα χρωμοσώματα (δηλ. ανακατεύεται συνέχεια το γενετικό υλικό), οπότε πλέον η εξέλιξη καλπάζει.

Για την πλήρη όμως κατανόηση των βασικών σημείων της εξέλιξης είναι απαραίτητο να αναφερθεί κανείς στη θεωρία της ενδοσυμβίωσης, για το πώς δηλαδή, προήλθε ο πρώτος ευκαρυωτικός οργανισμός, που είναι και η δεύτερη πιο σημαντική έννοια στην πορεία της εξέλιξης. Ξεκινούμε αρχικά από έναν αρχέγονο προκαρυωτικό τύπο κυττάρου (Βλ. σχήμα 3, διάγραμμα Α) και καταλήγουμε σε κάποιον ο οποίος έχει τη δυνατότητα αναπνοής (Β, C), ενώ παράλληλα, αλλά ανεξάρτητα, δημιουργούνται και κυτταρικοί οργανισμοί που εγκλείουν το γενετικό τους υλικό μέσα σε μεμβράνες (πυρήνες Β). Η σύντηξη ή εγκόλπωση των δύο διαφορετικών τύπων βακτηρίων σε ένα οδηγεί πλέον στα αρχικά προγονικά ευκαρυωτικά κύτταρα (D) από τα οποία δημιουργούνται τα φυτά ή τα ζώα. Τα κύτταρα αυτά πλέον περιέχουν οργανίδια στα οποία γίνεται η αναπνοή, χλωροπλάστες (για τα φυτά) και μιτοχόνδρια (ζώα).

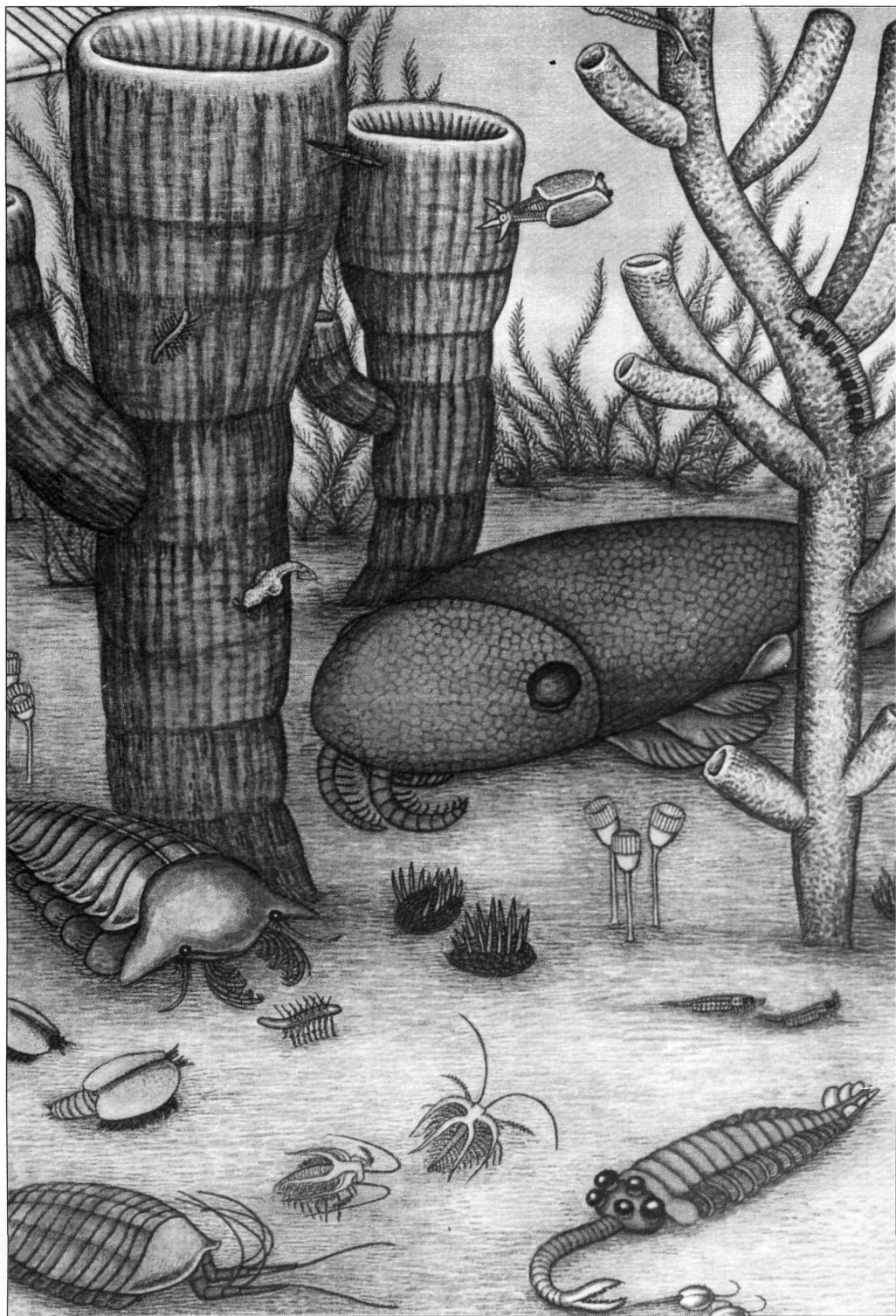
Σχήμα 3

*Schematic summary of Margulis endosymbiotic hypothesis for the origin of eukaryotic organelles and the origin of the nucleus (left side), and a modified, more recent hypothesis (right side).*



Επί 600 περίπου εκατομμύρια υπάρχει μία επικυριαρχία των μονοκυττάρων ευκαρυωτικών οργανισμών, με κυρίαρχες τρεις τάξεις, τα Μαστιγοφόρα, Βλεφαριδωτά και Ριζόποδα. Ακριβώς στο τέλος αυτής της περιόδου (800-750 εκατ. χρόνια προ της σημερινής εποχής) δημιουργούνται με σαφήνεια τα δύο φύλα, αρσενικό-θηλυκό, στους διάφορους οργανισμούς προσδίδοντάς τους τεράστια προσαρμοστικά πλεονεκτήματα. Ταυτόχρονα, από τα 800-750 εκατ. χρόνια πριν από σήμερα δημιουργούνται τα πολυκύτταρα φύκη και σιγά-σιγά τα κύτταρα αρχίζουν να διαφοροποιούνται τόσο ως προς το σχήμα-μορφή-μήκος τους, όσο και ως προς την εξειδίκευση της λειτουργίας τους.

Στο Κάμβριο (570) εμφανίζονται όλα τα ζωικά φύλα (25) εντός 60 εκατομμυρίων ετών με τη γνωστή θεωρία του Big Bang. Τώρα πια, οι ζωικές μορφές είναι αντίστοιχες αυτών που απεικονίζονται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4

Υπάρχουν σημαντικές αποδείξεις από γεωλογικά δεδομένα ότι προ 800 εκατ. ετών έγιναν τεράστιες τεκτονικές και περιβαλλοντικές αλλαγές με μεγάλη αύξηση των επιπέδων οξυγόνου, γεγονός που άνοιξε τις πόρτες για τη δημιουργία μεγάλων ζώων στη συνέχεια. Οι τότε ζωντανοί οργανισμοί αρχίζουν να προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες που δημιουργούνται, π.χ. υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, οπότε και αυξάνεται σημαντικά η ποικιλομορφία τους. Αυτή η ποικιλομορφία μπορεί να λειτουργεί είτε προς όφελος είτε προς ζημία κάποιων οργανισμών που οδηγούνται και σε εξαφάνιση.

Η περίοδος αυτή είχε προκαλέσει στο παρελθόν μεγάλη συζήτηση δεδομένου ότι οι παλαιοντολογικές ενδείξεις δεν συμφωνούσαν με τις μοριακές ενδείξεις ως προς τη χρονική κλίμακα των συμβάντων. Κυρίως η έλλειψη ενδιάμεσων τύπων απολιθωμάτων που να καταδεικνύουν την εξελικτική πορεία όπως περιγράφεται, υπερκαλύπτεται σήμερα μετά την ανακάλυψη των παγετών του Spitsberg (Νορβηγία-Βόρειος Πόλος) όπου έγινε δυνατόν να εντοπισθούν σε βάθος 7.000 μέτρων απολιθώματα οργανισμών που αποτελούν τους συνδετικούς κρίκους της εξέλιξης. Εξέταση με τη μέθοδο των ραδιοϊσοτόπων ( $C^{14}$  και  $Si^{87}$ ) έδειξαν ότι όλα αυτά τα απολιθώματα ήταν ηλικίας 600-800 εκατ. ετών. Παρόμοια απολιθώματα βρέθηκαν και στην Ediacara fauna της Αυστραλίας. Έτσι, με σιγουριά επιβεβαιώθηκε χρονικά η περίοδος του Bing Bang.

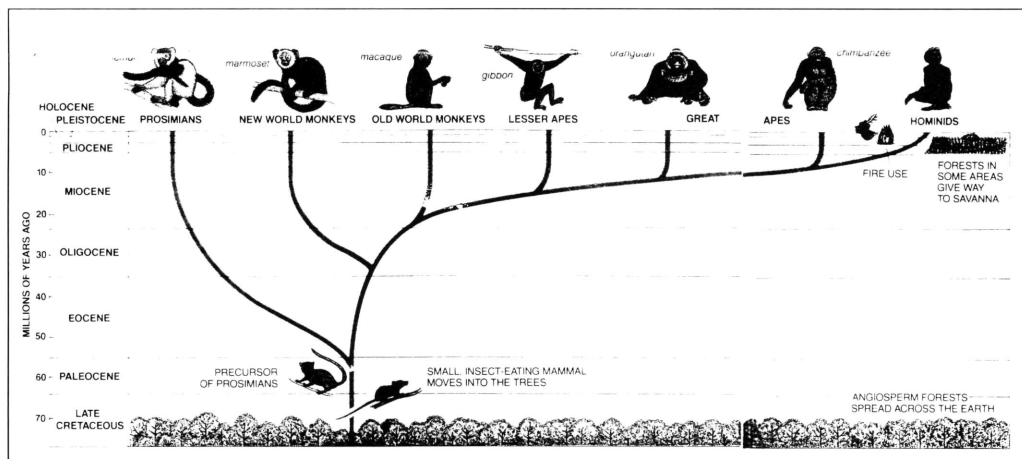
Στη συνέχεια, στην εποχή του Σιλουρίου (440 εκατ.) γίνεται η εποίκηση της ξηράς από τραχειόφυτα και αρθρόποδα. Στο Δεβόνιο (410) εμφανίζονται οι οστεοίχθεις και χονδριχθείς, τριλοβίτες και αμφίβια έντομα. Υπάρχουν μαζικές εξαφανίσεις ειδών στο τέλος αυτής της περιόδου. Στο Λιθανθρακοφόρο (360) δημιουργούνται εκτεταμένα δάση αρχαϊκών αγγειοσπέρμων περιδόφυτων. Γεννιούνται διάφοροι αμφίβιοι οργανισμοί και τα πρώτα ερπετά. Η εξέλιξη των εντόμων γίνεται ακτινωτά, (δηλ. με μεγάλη δραστηριότητα).

Στο Πέρμιο (290 εκατ.) δημιουργούνται τα ερπετά πρόγονοι των θηλαστικών, και ξεκινάει λοιπόν η έννοια των θηλαστικών. Τα αμφίβια μειώνονται, ακολουθούν μαζικές εξαφανίσεις κυρίως θαλασσιών ζώων και εισερχόμεθα σε παγετώνες. Στο Τριασικό (250), εμφανίζονται οι αρχαϊκοί δεινόσαυροι, τα πρώτα θηλαστικά και τα γυμνόσπερμα. Η μετακίνηση ηπείρων προκαλεί τη μαζική εξαφάνιση αμφιβίων αλλά και πολλών άλλων ζώων στο τέλος αυτής της περιόδου. Στο Ιουρασικό (210) κυριαρχούν οι δεινόσαυροι ενώ εμφανίζονται τα πρώτα πουλιά και τα αρχαϊκά θηλαστικά. Έχουμε ακτινωτή εξέλιξη των αμμωνιτών και συνεχείς μετακινήσεις ηπείρων. Στο Κρητιδικό (145), τα αγγειόσπερμα και τα θηλαστικά αρχίζουν τη διαφοροποίησή τους, ενώ η εξέλιξη των δεινοσαύρων είναι ακτινωτή, διαχωρίζονται οι ήπειροι και ακολουθούν μαζικές εξαφανίσεις ειδών στο τέλος της περιόδου. Στο Τριτογενές (65), τα αγγειόσπερμα αρχίζουν την έντονη διαφοροποίησή τους, ενώ η εξέλιξη των θηλαστικών, πτηνών και εντόμων είναι ακτινωτή. Δημιουργείται μια τάση ξήρανσης της επιφάνειας της γης και οι ήπειροι αρχίζουν να παίρνουν τη σημερινή τους θέση. Τέλος, στο Τεταρτογενές (2.0-0.1 εκατ.) έχουμε τις 4 περιόδους των παγετώνων, την εξαφάνιση των περισσότερων μεγάλων θηλαστικών και αρχίζει η εξέλιξη του ανθρώπου και η εμφάνιση πολιτισμών.

Ως προς την εξέλιξη του ανθρώπου υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Οι Παλαιοντολόγοι πιστεύουν ότι έχουν περάσει 15 εκατ. χρόνια, ενώ οι Μοριακοί επιστήμονες 3 εκατ. χρόνια. Οι σημερι-



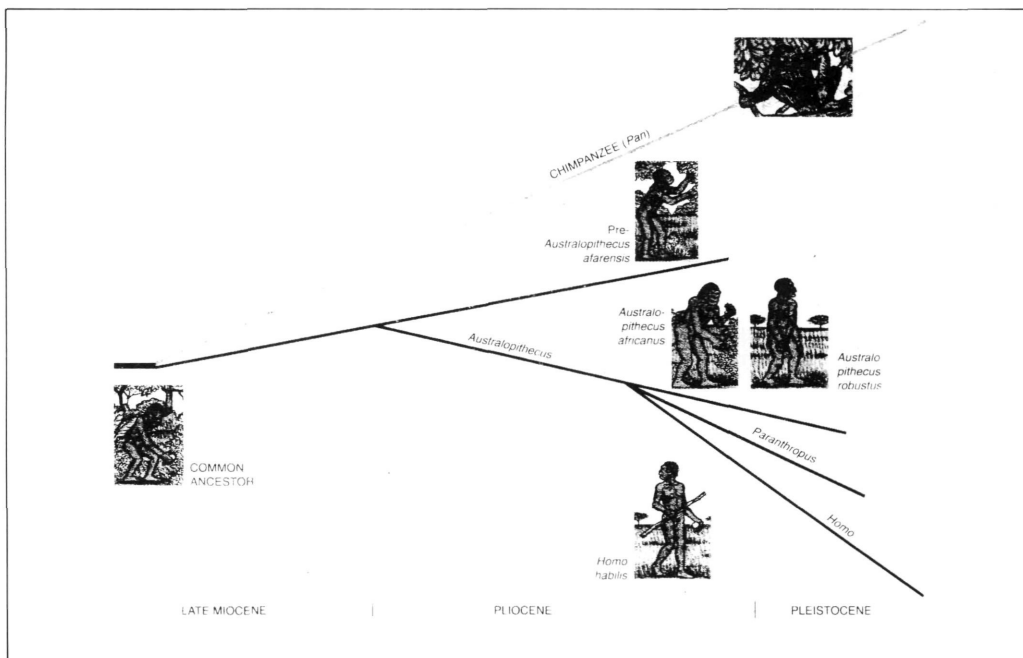
νές ενδείξεις συνηγορούν προς μια ενδιάμεση λύση, δηλ. 7-8 εκατ. χρόνια εξέλιξης. Μια λοιπόν από τις σύγχρονες προσεγγίσεις είναι ο προσδιορισμός της χρονικής περιόδου εξέλιξης του ανθρώπινου είδους μέσω της παρατήρησης της διαίτης των προγονικών μορφών. Είναι δυνατόν λοιπόν να λαμβάνουμε τόσο τις ουσίες που βρίσκονται ανάμεσα στα δόντια απολιθωμάτων, όσο κυρίως το εκχύλισμα του πολφού των δοντιών, και με ένεση σε κουνέλια να δημιουργούμε αντισώματα αρκετά εξειδικευμένα. Για παράδειγμα, όταν αυτό έγινε για τον *Rhamapethicus* βρέθηκε ότι τα αντισώματα που δημιουργήθηκαν ήταν ειδικά για χιμπατζήδες και ουρακοντάγκους της Ευρασίας. Στοιχεία από τη σημερινή διαίτα των πιθηκοειδών (π.χ. ταννίνες, αλκαλοειδή, τερπενοειδή), η έλλειψη βιταμινών, αμινοξέων, αλεύρων, σάκχαρης κλπ καθώς και η διαμόρφωση του στομάχου και η συμπεριφορά των πιθήκων (ποιες μνήμες εμφανίζουν ως προς τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος) αποτελούν βασικά στοιχεία σύγκρισης με τις μορφές του παρελθόντος, (βλ. Εικ. 5).



Εικόνα 5

*Evolutionary tree at the primate order is rooted in the late Cretaceous, when a small, insect-eating mammal climbed into the trees to take advantage of feeding opportunities presented by the spread of angiosperm forests. As the descendants of this mammal (artist's representation to left of tree) adapted to a new dietary niche in the canopy, they developed traits now regarded as characteristic of primates, such as a rounded snout and nails (instead of claws). These descendants gave way to true primates, beginning with the prosimians. Our own genus, Homo, emerged during the Pliocene. Exact dates of radiations are debatable.*

Από μοριακής άποψης, η προέλευση του ανθρώπου εντοπίζεται στην Αφρική και μόνον. Στην Ανατ. Αφρική (Αιθιοπία, Κένυα, Τανζανία) κατά την εικοσαετία 1960-80 εντοπίστηκαν 2.000 Ζινζανάνθρωποι, αλλά δεν υπήρχαν ίχνη Ραπ (χιμπατζή). Συγκρίσεις κάποιων πρωτεϊνικών μορίων και κυρίως DNA απολιθωμάτων με τις σημερινές μορφές οδηγούν στην αποδοχή της συνύπαρξης του Hominines με τους Αυστρολοπίθηκους επί 2 εκατ. έτη (από 3-1 εκατ. έτη). Ταυτόχρονα, τα χιλιάδες απολιθώματα του ποταμού Ομο της Αιθιοπίας από ιζηματογενή πετρώματα βάθους τουλάχιστον 1.000 μέτρα, τα οποία εξετάστηκαν με μοριακές μεθοδολογίες-σύγκρισεις, δείχνουν ότι υπήρξε διαφορετική εξέλιξη του είδους του ανθρώπου (Homo) από τους χιμπατζήδες και τους μεγάλους πίθηκους. Το πλέον αποδεκτό λοιπόν σχήμα εξέλιξης του ανθρώπου δίνεται στην παρακάτω εικόνα, (Εικ. 6).

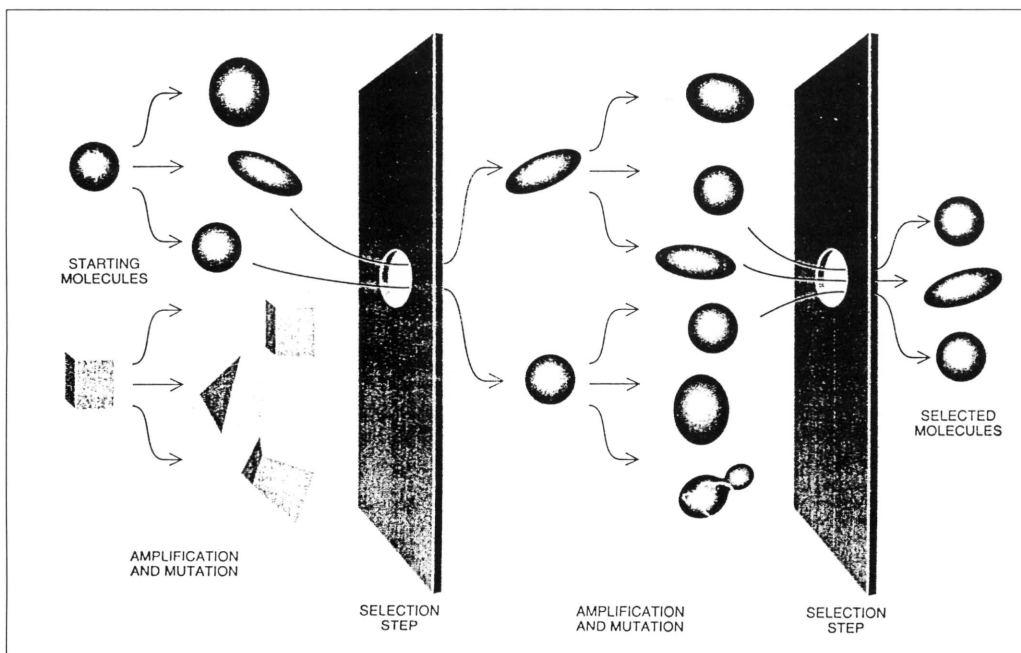


Εικόνα 6

Human lineage begins about eight million years ago, with the divergence, from a shared ancestor, of the australopithecines and the chimpanzees. The australopithecines are a complex group, and paleoanthropologists continue to debate the classification of its members. To distinguish those in this family tree, the unorthodox term 'pre-Australopithecus' describes the more archaic hominids, the prehumans that came next are called *Australopithecus* and the robust forms of these later species are called *Paranthropus*.

Τελειώνοντας την ομιλία μου, θα ήθελα να αναφερθώ σε μια ακόμα έννοια που θα μας βοηθήσει να ολοκληρώσουμε την πολυσύνθετη εικόνα της εξέλιξης. Αυτή είναι η έννοια της κατευθυνόμενης εξέλιξης. Σήμερα περισσότερο απ' οποιαδήποτε άλλη εποχή έχουμε τη δυνατότητα να μελετήσουμε ή ακόμα να κατευθύνουμε την εξέλιξη μέσα στο ίδιο το εργαστήριο. Πώς; Το πιο απλό παράδειγμα θα ήταν π.χ. Εάν το ζητούμενο είναι πώς θ' ανοίξουμε μια κλειδαριά; Προφανώς, θα πρέπει να βρούμε το κατάλληλο κλειδί. Και όπως κάθε καλός κλέφτης θα έκανε, θα δοκίμαζε όλα τα κλειδιά στις αρμαθιές που έχει, και θα έψαχνε μέχρι να βρει το κλειδί εκείνο που θα την ανοίξει. Δηλ. η επιλογή κατευθύνεται μέχρις ότου βρεθεί το κατάλληλο κλειδί για την κατάλληλη κλειδαριά. Με μοριακούς όρους, τα πειράματα αυτά γίνονται χρησιμοποιώντας ένα από τους απλούστερους από μορφής οργάνωσης "οργανισμούς", ένα βακτηριοφάγο (π.χ. Qβ). Όλες και όλες οι γενετικές πληροφορίες που μπορεί να μεταφέρει ένας τέτοιος φάγος είναι 4-5. Ο Spiegelman αναρωτήθηκε λοιπόν, τι θα συμβεί στα μόρια RNA από τα οποία αποτελείται ο φάγος, αν τους δοθεί η εντολή να πολλαπλασιάζονται κατά τον ταχύτερο δυνατόν τρόπο χρησιμοποιώντας τις έννοιες της επιλογής, μεταλλαγής και πολλαπλασιασμού, έβαλε σε δοκιμαστικούς σωλήνες το ένζυμο αντιγραφάση του Qβ –να πολλαπλασιάζει το γενετικό υλικό του Qβ– για 20 λεπτά. Στη χρονική αυτή περίοδο, το ένζυμο δημιουργούσε νέα μόρια από τα πατρογονικά. Που και που γίνονταν και κάποια λάθη. Μεταφορά ενός τέτοιου δείγματος σε νέους δοκιμαστικούς σωλήνες έδινε τελικά (μετά

από 74 κύκλους διαρκούς πολλαπλασιασμού και μεταφορών σε νέους δοκ. σωλήνες) ένα 83% πανομοιότυπων μορίων ρεπλικάσης, αλλά προφανώς και 17% μορίων με διαφορές. Το σχήμα 4 δίνει και τη βασική αρχή της κατευθυνόμενης εξέλιξης που μας επιτρέπει να βλέπουμε και τις δραστηκές συνέπειές της.



Σχήμα 4

#### *How directed evolution works*

*A “molecular obstacle course” is the metaphor for directed evolution: macromolecules compete to clear functional hurdles imposed by the experimenter. Those molecules selected in this way are then amplified, or copied, to produce a new generation that generally resembles its parents but also contains mutations. Successive rounds of selection and amplification with mutation create a population of molecules with a desired trait.*

Καταλήγοντας λοιπόν θα πρέπει να τονίσω ότι ο άνθρωπος είναι εκπληκτικά “νέα” μορφή είδους (ζωής) στον πλανήτη μας. Μέσα σε 2 εκατ. (αμφισβητήσιμης) ύπαρξής του στη γη με τη μορφή του *Homo sapiens* κατάφερε να καταστρέψει και να εξαφανίσει εκατοντάδες είδη άλλων οργανισμών από προσώπου γης, και καταφέρνει να μετατρέπει διαρκώς την ισορροπία της φύσης στον πλανήτη μας.

Σε αντίθεση, υπάρχουν άλλοι “κάτοικοι” αυτού του πλανήτη που κατάφεραν να επιζούν και να εξελίσσονται για 3.5 δισ. έτη, τα βακτήρια. Σε αντίθεση με τον άνθρωπο μπορούν να μεγαλώνουν σε υψηλές θερμοκρασίες (ηφαιστέια, π.χ. 200 °C) ή χαμηλές θερμοκρασίες (-10 °C), σε αλκαλικά ή όξινα περιβάλλοντα, σε τοξικές ουσίες κλπ. Όταν μάλιστα οι σημερινές απόψεις περί της εξέλιξης θεωρούν ότι υπάρχουν 3 μεγάλα Τάξα (Βασίλεια), τα αρχαιοβακτήρια, τα ευβακτήρια και όλοι οι άλλοι οργανισμοί μαζί, αντιλαμβάνεται κανείς τη “μικρότητα” του ανθρώπου μέσα σε αυτό το σύνολο.

Ο ίδιος ο άνθρωπος λοιπόν με τις βάρβαρες πράξεις του ως προς τους άλλους οργανισμούς, το περιβάλλον και την ίδια τη ζωή, θέτει σε έντονο προβληματισμό αν πραγματικά θα υπάρξει στη συνέχεια ζωή στον πλανήτη μας ή θα βρεθούμε πολύ σύντομα στο σημείο της διακοπής της εξέλιξης της ζωής, με καταστροφικές συνέπειες για όλους τους οργανισμούς.

Ας ελπίσουμε ότι σύντομα θα γίνει αντιληπτή η καταστροφική πορεία και θα υπάρξει σεβασμός προς τη φύση και τη ζωή, ώστε να προχωρεί ανεμπόδιστα η εξέλιξη.