



Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΕΩΣ

Επιστημονικές - Επιμορφωτικές Διαλέξεις

ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΟΡΦΩΤΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

Νοέμβριος - Δεκέμβριος 1994

Εκδόσεις της αυτής σειράς

- 1) Σύγχρονα Επιτεύγματα των Θετικών Επιστημών - ΑΘΗΝΑ 1993
- 2) Μοριακή Βάση των Ασθενειών - ΑΘΗΝΑ 1994
- 3) Αρχαιολογία της Πόλης των Αθηνών - ΑΘΗΝΑ 1996

ISBN: 960-7094-69-7

© 1996, ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ (Ε.Ι.Ε)

Υπεύθυνη των Ειδικών Μορφωτικών Εκδηλώσεων-Επιμέλεια Έκδοσης

κ. Ελένη Γραμματικοπούλου

Τηλ.: 7246618 και 7229811 (224 εσωτ.), Fax: 7246618

Σχεδίαση, παραγωγή: SINGULAR PUBLICATIONS

Ασκληπιού 154, 11471 Αθήνα

Τηλ.: 6462716 - 6461713, Fax: 6452570



Το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, συνεχίζοντας την παράδοση της προσφοράς και της συμβολής στην ανάπτυξη της πνευματικής ζωής του τόπου μας, οργάνωσε τις Ειδικές Μορφωτικές Εκδηλώσεις και κατά την περίοδο 1994-1995.

Η παρουσίαση των σύγχρονων επιστημονικών επιτευγμάτων στο χώρο των θετικών και των ανθρωπιστικών επιστημών καθώς και η προβολή του κοινωνικού χαρακτήρα της επιστημονικής έρευνας εξακολουθούν να αποτελούν τα καθοδηγητικά κριτήρια και το στόχο των εκδηλώσεων αυτών.

Η Δημιουργία Ζωής συνεχίζει να προκαλεί τη φαντασία και την ερευνητική διεισδυτικότητα του σκεπτόμενου ανθρώπου. Τα αίτια και οι συνθήκες που οδήγησαν στην εμφάνιση της θεμελιώδους μονάδας έμβιας ύλης, όχι μόνον δεν έχουν εξολοκλήρου διερευνηθεί, αλλά αντιθέτως, απαιτούν περαιτέρω ανάλυση και μελέτη, ενόψει μάλιστα και της χρήσης νεότερης επιστημονικής μεθοδολογίας. Για τους λόγους αυτούς θεωρήθηκε σκόπιμο να περιληφθεί στις εκδηλώσεις αυτές και ο κύκλος με το γενικόν τίτλο: **"Η Θεωρία της Εξελίξεως"**.

Βεβαίως, οι τέσσερις επιστημονικές ομιλίες-πραγματείες που καταγράφονται εδώ σκοπεύουν περισσότερο στη διαφώτιση και τον προβληματισμό μας και λιγότερο προσπαθούν να επιλύσουν το αχανές αυτό θέμα.

Στον παρόντα τόμο περιλαμβάνονται τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα αυτών των διαλέξεων, στο τέλος των οποίων ακολουθούσε διαλογική συζήτηση μεταξύ ομιλητού και κοινού, οι οποίες έγιναν στο Αμφιθέατρο "Α. Ζέρβας" του Ε.Ι.Ε κατά το διάστημα από 29 Νοεμβρίου έως 20 Δεκεμβρίου 1994.

Το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών επιθυμεί και από τη θέση αυτή να ευχαριστήσει τους ομιλητές και όλους όσους συνετέλεσαν στην επιτυχία του κύκλου αυτού. Ειδικότερα τον Δρ. Γ. Σακελλάρη, ερευνητή του Ινστιτούτου Βιολογικών Ερευνών και Βιοτεχνολογίας του Ε.Ι.Ε. για την οικονομική του υποστήριξη, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί η έκδοση του τόμου αυτού.

Περιοχόμενα

Η Θεωρία της Εξελίξεως

	Πρόλογος.....	IX
29 Νοεμβρίου 1994	Κ. Σέκερης <i>Από τον Ανόργανο Κόσμο στους πρώτους (ζώντες) Οργανισμούς</i>	<i>1</i>
7 Δεκεμβρίου 1994	Μ. Τύπας <i>Θεωρίες της Εξελίξεως</i>	<i>11</i>
13 Δεκεμβρίου 1994	Κ.Β. Κριμπάς <i>Εκτείνοντας το Δαρβινισμό στα έσοχά του όρια</i>	<i>31</i>
20 Δεκεμβρίου 1994	Δ. Ραζής <i>Ηθική και Βιολογική Εξέλιξη</i>	<i>47</i>

Πρόλογος

Η μετουσίωση της ανόργανης ύλης σε ζωντανή – η δημιουργία ζωής – συνεχίζει να μαγεύει και να διεγείρει τη φαντασία του σκεπτόμενου ανθρώπου. Παρόλη την εκπληκτική πρόοδο και τις ανακαλύψεις της σύγχρονης επιστήμης, που αρχίζει να φωτίζει το μηχανισμό σχηματισμού των οργανικών ουσιών-προδρομών των βιολογικών μακρομορίων από πιο απλά όργανα μόρια, αγνοούμε ακόμη στάδια που οδήγησαν στην εμφάνιση της θεμελιώδους μονάδας έμβιας ύλης, του κυττάρου, και της εξέλιξής του στην ποικιλία των οργανισμών που έζησαν ή ζουν στον πλανήτη μας.

Ο μηχανισμός της οργανικής εξέλιξης ερμηνεύεται σήμερα με τη νεοδαρβινική θεωρία, που έχει πια τύχει γενικότερης αποδοχής. Η θεωρία αυτή αποτελεί σύνθεση της μενδελιανής γενετικής και της δαρβινικής επιλογής. Η δαρβινική επιλογή θεωρήθηκε ότι αποτελεί ένα γενικότερο ερμηνευτικό σχήμα και για άλλους τομείς, ξεκινώντας από βιολογικά πεδία παραπλήσια της εξέλιξης (οικολογία, ανοσοποιητικό σύστημα) προτάθηκε και για απομακρυσμένες περιοχές (νευρικό σύστημα-μνήμη-νευρωνικός δαρβινισμός, συμπεριφορά, κοινωνιοβιολογία, ηθική κ.α.)

Ειδικότερα προβληματίζει η έννοια της ηθικής, που δημιουργήθηκε από τον άνθρωπο και αναφέρεται στο τι είναι “καλό” και τι “κακό”. Ηθική στη Βιολογία σημαίνει συνήθως εφαρμογή των επιστημών για “όφελος” του ανθρώπινου είδους.

Στη βιολογική εξέλιξη ένας από τους σημαντικότερους σταθμούς ήταν η εκπληκτική εξέλιξη του ανθρώπινου νεοεγκεφάλου σε απaráμιλλο βραχύ χρόνο που είχε σαν αποτέλεσμα την πλημμελή σύνδεσή του με τον παλαιό-εγκέφαλο. Το γεγονός αυτό μπορεί ίσως να εξηγήσει τη διαφορά μεταξύ της καμπύλης εξέλιξης των επιστημών που είναι εκθετική και της καμπύλης εξέλιξης της ηθικής που παραμένει επίπεδος δια μέσου των αιώνων. Μπορεί ίσως και να εξηγήσει τη “διχοτόμηση του ανθρώπινου νου”.

Από τον Ανόργανο Κόσμο στους πρώτους (ζώντες) Οργανισμούς

Ομιλητής: Κ.Ε. ΣΕΚΕΡΗΣ

*Καθηγητής Βιολογικής Χημείας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών
και Διευθυντής του Ινστιτούτου Βιολογικών Ερευνών και Βιοτεχνολογίας του Ε.Ι.Ε.*

Περίληψη

Η Αρχή της δημιουργίας του Σύμπαντος τοποθετείται προ 10-18 δισεκατομμυρίων ετών, με το Big Bang, την εκρηκτική διαστολή του σημειακά συμπυκνωμένου συνόλου μάζας/ενεργείας. Διαδοχικά σχηματίστηκαν τα στοιχειώδη σωμάτια, οι πυρήνες των ατόμων, τα άτομα, αέρια νέφη, κοσμική σκόνη, άστρα και γαλαξίες. Προ 4,5 δισεκατομμυρίων ετών δημιουργήθηκε το ηλιακό μας σύστημα και η γη. Από ανόργανα συστατικά συντέθηκαν στις ακραίες επικρατούσες καταστάσεις οι οργανικές ουσίες – πρόδρομα των μορίων που χαρακτηρίζουν τη ζωντανή ύλη (αβιογενής φάση παραγωγή βιομορίων), που εν συνεχεία συνενώθηκαν για το σχηματισμό των πιο πολύπλοκων βιομορίων – RNA, DNA, πρωτεϊνών, λιπών, κ.ά.

Τα βιομόρια οργανώθηκαν προ 3,5 δισεκατομμυρίων ετών σε πρωτόγονες κυτταρικές δομές, προϋπόθεση για την εκδήλωση των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της ζωντανής ύλης. Πρώτος φορέας γενετικών πληροφοριών με ικανότητα όμοιου αναδιπλασιασμού φαίνεται να ήταν το RNA, αργότερα το ρόλο αυτό ανέλαβε το DNA. Από τα πρωτόγονα ετερότροφα βακτηρίδια εξελίχθηκαν προ 3 δισεκατομμυρίων ετών αναερόβια φωτοσυνθετικά βακτηρίδια και βακτηρίδια που δέσμευαν άζωτο, ακολούθησαν προ 2,5 δισ. ετών τα αερόβια φωτοσυνθετικά βακτηρίδια, που επηρέασαν τη σύσταση της ατμόσφαιρας (εμπλουτισμός σε οξυγόνο/όζον). Από τα προκαρυωτικά βακτηρίδια, με τη δημιουργία κυτταρικού πυρήνα, σχηματίστηκαν προ 1,5 δισ. ετών τα αερόβια ευκαρυωτικά κύτταρα που με ενσωμάτωση σε αυτά μικροοργανισμών, προδρόμων των μιτοχονδρίων και χλωροπλαστών, και αναδιπλασιαζόμενα με μίτωση, πήραν τον εξελικτικό δρόμο προς τα φυτά και ζώα του σημερινού κόσμου.

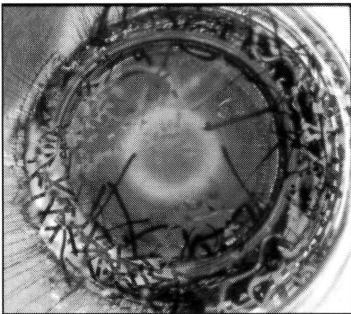
1. Εισαγωγή

Από τα πιο αγωνιώδη ερωτήματα με τα οποία έρχεται αντιμέτωπος ο άνθρωπος, μόλις συνειδητοποιήσει τη μοναδικότητά του και αποκτίσει την έννοια του εγώ, είναι η προέλευση του, πώς βρέθηκε πάνω στη γη, ποιά η σχέση του με το σύμπαν και πώς δημιουργήθηκε αυτό. Τα ερωτήματα αυτά τον παιδεύουν σε κάθε φάση της ζωής του, όμως φεύγει από τον κόσμο αυτό χωρίς να λάβει πειστικές και εύλογες απαντήσεις. Για το μεγαλύτερο διάστημα της ιστορίας του ανθρώπου τα ερωτήματα αυτά αποτέλεσαν πεδίο θεολογικών-φιλοσοφικών δοξασιών, μακριά από την αυστηρή θεώρηση των πειραματικών επισημών. Η πίστη σε έναν Πλάστη που δημιούργησε τον κόσμο και έπλασε τον άνθρωπο κατ' εικόνα και καθ' ομοίωση λύνει με απλό τρόπο τις υπαρξιακές αγωνίες.

Η εκπληκτική πρόοδος των θετικών επιστημών – φυσικής, χημείας, βιολογίας – του τελευταίου αιώνα, άνοιξε το δρόμο για τη θεώρηση της κοσμογονίας και της γενέσεως της ζωής από την “επιστημονική” σκοπιά. Πολλά σχετικά ερωτήματα αρχίζουν και βρίσκουν λύσεις. Όμως η αδυναμία να συλλάβουμε την έννοια του “τίποτε” – την κατάσταση πριν από το ξεκίνημα της γενέσεως – διατηρεί ζωντανή και επίκαιρη την έννοια του Θεού, ως Δυνάμεως, που χρησιμοποίησε συγκεκριμένη “μεθοδολογία” για την κοσμογονία, περιγραφόμενης περιφραστικά στην “Γενεση”. Τη “Μεθοδολογία” αυτή ο θετικός επιστήμονας της σήμερα προσπαθεί να αναλύσει στις λεπτομέρειες της, είτε πιστεύει, είτε όχι, στην ύπαρξη της “Αρχικής Κινητήριας Δύναμης”.

2. Εν αρχή ην ο λόγος - Κοσμογονία

Εφόσον παραμένει σε ισχύ η θεμελιώδης εξίσωση του Einstein, $E=mc^2$, δηλ. ούτε μάζα ούτε ενέργεια μπορούν να δημιουργηθούν από το τίποτε, είναι αδύνατον να φαντασθούμε την αρχική, την προ της Κοσμογονίας, κατάσταση. Μαθηματικές λύσεις των θεωρητικών φυσικών σ’ αυτό το πρόβλημα, εκτός του ότι είναι απόλυτα ακατανόητες από τους μη ειδικούς, δεν ικανοποιούν και μόνο ως επιτεύγματα της ανθρώπινης διανόησης θαυμάζονται. Η Κοσμογονία, όπως τη φαντάζονται σήμερα οι ειδικοί, με βάση θεωρητικές και πειραματικές μελέτες και μαρτυρίες, αρχίζει κάπου μεταξύ 10-18, πιθανώς 15, δισεκατομμυρίων ετών, όταν το σύνολο της ενέργειας και μάζας του σημερινού Κόσμου ήταν συμπυκνωμένο σε ένα “μαθηματικό σημείο”. Το σημείο αυτό απότομα, εκρηκτικά, άρχισε να διαστέλεται (επομένως και να ψύχεται) με καταπληκτική ταχύτητα, διεργασία που συνεχίζεται και σήμερα. Είναι αυτό που αποκαλείται “Big Bang” (Εικ. 1). Σε δισεκατομμύρια του δευτερολέπτου η θερμοκρασία του Κόσμου “έπεσε” στα 100 εκατομμύρια φορές της θερμοκρασίας που επικρατεί στο εσωτερικό του ηλίου. Τότε εμφανίσθηκαν τα στοιχειώδη σωματίδια, quarks (και πλεκτρόνια), καθώς και τα αντισωμάτια, (αντιquarks και αντιπλεκτρόνια), τα οποία έπλεαν ελεύθερα στην ενεργειακή “θάλασσα” και που συνεχώς παρήγοντο, αλλά και καταστρέφοντο, λόγω των τεραστίων θερμοκρασιών.



Εικόνα 1

Το “Big Bang” όπως το φαντάζεται ο Τάκης Κατσουλίδης

Με τη συνεχιζόμενη ψύξη επιβραδύνθηκε τόσο ο σχηματισμός όσο και η καταστροφή των σωματιδίων, περισσότερο όμως ο σχηματισμός τους. Αν δεν υπήρχε μια ελάχιστη υπεροχή quarks και πλεκτρονίων έναντι των αντιquarks και αντιπλεκτρονίων (δηλ. ύλης έναντι αντιύλης) δεν θα ήταν δυνατή η δημιουργία του Κόσμου.

Όταν το σύμπαν διαστελλόμενο και ψυχόμενο έφθασε το μέγεθος περίπου του ηλιακού μας συστήματος, σχηματίσθηκαν από τα quarks νετρόνια και πρωτόνια, τα οποία, κατά τη συνεχιζόμενη διαστολή, έδωσαν ατομικούς πυρήνες, κυρίως ηλίου και δευτερίου (το σύνολο σχεδόν του ηλίου και δευτερίου που υπάρχει σήμερα σχηματίσθηκε την περίοδο εκείνη). Η σύγκρουση δύο πυρήνων ηλίου οδήγησε σε μια φευγαλέα μορφή βηρυλλίου, η οποία συγκρουόμενη με ένα ακόμη πυρήνα ηλίου, έδωσε άνθρακα. Συνένωση πυρήνα άνθρακα

με άλλον έναν πυρήνα πλίου έδωσε οξυγόνο. Με παρόμοιους μηχανισμούς δημιουργήθηκαν οι πυρήνες των γνωστών σήμερα στοιχείων. Όλα αυτά συνέβησαν στο πρώτο λεπτό της Δημιουργίας.

Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας ήταν αδύνατη η συνένωση των πυρήνων με τα ηλεκτρόνια. Τα ουδέτερα άτομα εμφανίσθηκαν στα επόμενα 300.000 χρόνια, όταν το σύμπαν έφθασε σε μέγεθος χίλιες φορές μικρότερο από το σημερινό. Τα ουδέτερα άτομα συνενώθηκαν βαθμιαίως σε αέρια νέφη, κοσμική σκόνη, που εξελίχθηκε σε άστρα και, όταν το σύμπαν έφθασε το ένα πέμπτο περίπου του σημερινού μεγέθους, σε γαλαξίες. Ένα από τα δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων ηλιακών συστημάτων που δημιουργήθηκαν είναι και το δικό μας. Υπολογίζεται πως το ηλιακό μας σύστημα σχηματίστηκε προ 4,5-5 περίπου δισεκατομμυρίων ετών, όταν ο Κόσμος είχε τα 2/3 του σημερινού μεγέθους του. Η γη μας, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και βρισκόμενη υπό συνεχή βομβαρδισμό μικροτέρων ή μεγαλύτερων σωμάτων, ανέπτυξε στο εσωτερικό της τεράστιες θερμοκρασίες, που προκαλούσαν υφαιστειακές εκρήξεις και ροή λάβας. Οι υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια της γης καθιστούσαν αδύνατη την ύπαρξη ζωής. Η έξοδος αερίων από το εσωτερικό που συνόδευε τις εκρήξεις δημιούργησε στα πρώτα εκατομμύρια χρόνια τα 80-85% της γήινης ατμόσφαιρας, που συμπληρώθηκε βαθμιαίως κατά τα επόμενα 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Κατά πάσα πιθανότητα η πρωτόγονη ατμόσφαιρα αποτελείτο κυρίως από CO₂, N₂, υδρατμούς, με ίχνη μεθανίου, αμμωνίας, διοξειδίου του θείου και υδροχλωρικού οξέος, στερείτο όμως οξυγόνου.

Η απελευθέρωση τεραστίων όγκων νερού από το φλοιό της γης δημιούργησε τους ωκεανούς και τον κύκλο του νερού. Τα οξέα της ατμόσφαιρας διέβρωναν τα πετρώματα εμπλουτίζοντάς τα με ανθρακικά άλατα.

Στην ατμόσφαιρα άρχισε, κατά τις πρώτες εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, να ελαττώνεται το διοξείδιο του άνθρακα, λόγω δραστηριότητας των μικροοργανισμών σύμφωνα με τους θιασώτες της θεωρίας της “Γαίας”, κατ’ άλλους λόγω γεωχημικών διεργασιών. Η ελάττωση του CO₂ είχε μεγάλη σημασία για την εμφάνιση των σημερινών μορφών ζωής, που βασιζονται στην ύπαρξη ατμόσφαιρας οξυγόνου, τόσο για την αναπνοή τους, όσο και για την προφύλαξη από την υπεριώδη ακτινοβολία (σχηματισμός όζοντος).

3. Τα χαρακτηριστικά της ζωντανής ύλης

Η πιο μικρή μονάδα, που δείχνει τις ιδιότητες της ζωντανής ύλης, είναι το κύτταρο. Το κύτταρο μπορεί αυτό καθαυτό να αποτελεί αυτοδύναμο οργανισμό (μονοκύτταροι ή ακύτταροι οργανισμοί) ή να οργανώνεται σε μεγαλύτερες πολυκυτταρικές οντότητες (πολυκύτταροι οργανισμοί), όπως ο άνθρωπος. Το κύτταρο από τη χημική άποψη χαρακτηρίζεται από ορισμένα βιομόρια (νουκλεϊνικά οξέα –DNA και RNA–, πρωτεΐνες, λιπίδια, και πολλά άλλα συστατικά), με συγκεκριμένες λειτουργίες, διατεταγμένα κατά τρόπο ώστε να προσδίδουν στο κύτταρο τις χαρακτηριστικές για τη ζωή ιδιότητες, όπως την ικανότητα μεταδόσεως των γενετικών πληροφοριών, της αναπαραγωγής και του μεταβολισμού (δηλ. παραγωγής ενέργειας από τη διάσπαση βιομορίων και τη χρησιμοποίηση της ενέργειας για τη σύνθεση των βιομορίων από απλούστερους δομικούς λίθους), την αντίδραση στο περιβάλλον και την κίνη-

ση. Τα βιομόρια αυτά, έξω από την κυτταρική δομή, μπορεί να δείχνουν μερικές από τις ιδιότητες του ζωντανού οργανισμού, όχι όμως το σύνολο των χαρακτηριστικών του. Υπάρχουν και οριακές μορφές ζωντανής ύλης, όπως οι ιοί, που για να εκδηλώσουν πλήρως τις ιδιότητες των ζωντανών οργανισμών, πρέπει πρώτα να προσβάλλουν διάφορα κύτταρα και να χρησιμοποιήσουν τους μηχανισμούς των κυττάρων αυτών για ίδιο όφελος.

4. Από την ανόργανη ύλη στα πρώτα απλά βιομόρια

Όπως προαναφέρθηκε, η ζωντανή ύλη, ανεξαρτήτως αν πρόκειται για μικρόβια, φυτά ή ζώα, χαρακτηρίζεται από την παρουσία όμοιων συγκεκριμένων οργανικών χημικών ουσιών, των λεγόμενων βιομορίων. Από τα σημαντικότερα βιομόρια είναι τα νουκλεϊνικά οξέα – DNA, ο φορέας των γενετικών πληροφοριών, και RNA, σημαντικό για την έκφραση των γενετικών πληροφοριών – οι πρωτεΐνες με τις οποίες επιτελούνται όλες οι κυτταρικές λειτουργίες, τα λιπίδια, σημαντικά για το σχηματισμό των βιολογικών μεμβρανών, και άλλα πολλά. Τα βιομόρια αυτά είναι σύνθετες ουσίες, που αποτελούνται από απλούστερους δομικούς λίθους, όπως, όσον αφορά τα νουκλεϊκά οξέα, από νουκλεοτίδια (που κι αυτά αποτελούνται από πιο απλά μόρια, [αζωτούχες βάσεις, ριβόζη ή δεσοξυριβόζη και φωσφορικό οξύ]), αμινοξέα, (όσον αφορά τις πρωτεΐνες) και λιπαρά οξέα και γλυκερίνη, (όσον αφορά τα λίπη). Μια πληθώρα απλών οργανικών μορίων απαντάται επίσης, ως ενδιάμεσα των μεταβολικών αντιδράσεων, όπως οργανικά οξέα, αλδεΐδες, κετόνες και εστέρες.

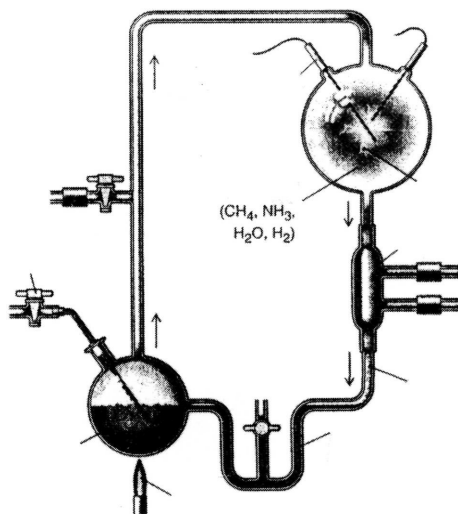
Όταν δημιουργήθηκε η γη μας προ 4.5 δισεκατομμυρίων ετών, ήταν ένας πλανήτης χωρίς ίχνος ζωής, λόγω των ακραίων συνθηκών που επικρατούσαν. Μετά από ένα δισεκατομμύριο χρόνια, όμως, εμφανίστηκαν οι πρώτοι ζωντανοί οργανισμοί. Όλα τα ευρήματα δείχνουν ότι από αυτούς τους πρώτους οργανισμούς, με βάση τη θεωρία της εξελίξεως του Darwin (και του Wallace), που θα αναπτυχθεί στην επόμενη ενότητα, εξελίχθηκαν όλες οι γνωστές μορφές ζώντων οργανισμών. Το ερώτημα που έπρεπε να απαντηθεί επομένως ήταν, πώς δημιουργήθηκαν οι πρώτοι αυτοί οργανισμοί. Τα πειράματα του Louis Pasteur έδειξαν, σε αντίθεση με δοξασίες που επικρατούσαν μέχρι τότε, ότι αυτόματη γένεση δεν ήταν δυνατή. Επομένως μέσα στο πρώτο δισεκατομμύριο χρόνια θα έπρεπε να έχουν συντεθεί όλα τα απαραίτητα για την ύπαρξη της ζωής βιομόρια και να έχουν “συναρμολογηθεί” στους πρώτους οργανισμούς, ικανούς να επιζήσουν στις τότε συνθήκες.

Ήταν όμως δυνατή η σύνθεση βιομορίων στις συνθήκες που επικρατούσαν τότε; Απάντηση σ’ αυτό το ερώτημα έδωσαν τα πειράματα του νεαρού τότε χημικού Stanley Miller, συνεργάτου του καθηγητή και κατόχου βραβείου Nobel, Harold Urey. Όπως δείχνεται στην Εικόνα 2, ο Miller εξέθεσε μίγμα αερίων, αποτελούμενο από μεθάνιο, αμμωνία, υδρογόνο και υδρατμούς, σε ηλεκτρικές εκκενώσεις και απέδειξε ότι υπό τέτοιες συνθήκες χημικές και φυσικές, που προσομοίαζαν, κατ’ αυτόν, στην αρχέγονη ατμόσφαιρα, ήταν δυνατή η παραγωγή προδρόμων χημικών ουσιών (αμινοξέων) που αποτελούν τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών του κυττάρου. Ενδιαφέρον είναι ότι ένας μετεωρίτης που έπεσε αργότερα στη γη περιείχε τα αυτά αμινοξέα σε παρόμοια αναλογία, όπως αυτά που συντέθηκαν στο πείραμα του Miller (Πίνακας Ι). Παρόλο που οι συνθήκες του πειράματος του Miller δεν θεωρούνται σήμερα ότι αντανακλούν την ακριβή σύνθεση της τότε ατμόσφαιρας, τα πειράματα αυτά απετέλεσαν την απαρχή

Εικόνα 2

Πείραμα του S. Miller

Στην υάλινη σφαίρα (κάτω αριστερά) τοποθετήθηκε νερό, η πάνω σφαίρα περιείχε μεθάνιο, αμμωνία και υδρογόνο καθώς και ατμούς νερού. Συνεχείς ηλεκτρικές εκκενώσεις στα αέρια οδήγησε στο σχηματισμό οργανικών ουσιών που δείχνονται στον Πίνακα 1. Τα ενδιάμεσα βήματα περιλαμβάνουν υδροκυάνιο + αλδεΐδη = αμιμονιτρίλιο, το οποίο με H_2O δίνει αμινοξέα. Σε άλλα ανάλογα πειράματα (ανάμιξη υδροκυανίου και αμμωνίας σε υδατικό διάλυμα) σε αναγωγική ατμόσφαιρα παρήχθησαν, εκτός από αμινοξέα, και αδενίνη, παρουσία δε C_2N_2 (κυανογόνου) και HC_3N (κυανοακετυλένιου) και οι υπόλοιπες βάσεις των νουκλεϊνικών οξέων.



Πίνακας 1

Σύγκριση αμινοξέων που παράγονται στο πείραμα Miller με αυτά που ανιχνεύθηκαν στο μετεωρίτη που έπεσε στην Αυστραλία — στη θέση Murchison.

Αμινοξέα	Μετεωρίτης	Πείραμα Miller
γλυκίνη	++++	++++
αλανίνη	++++	++++
α-αμινο-N-βουτυρικό οξύ	++	+++
α-αμινοισοβουτυρικό οξύ	++	++++
βαλίνη	++	+++
νορβαλίνη	+++	+++
ισοβαλίνη	++	++
προλίνη	+	+++
ασπαραγινικό οξύ	+++	+++
γλουταμινικό οξύ	++	+++
β-αλανίνη	++	++
β-αμινο-N-βουτυρικό οξύ	+	+
γ-αμινοβουτυρικό οξύ	++	+
σαρκοσίνη	+++	++

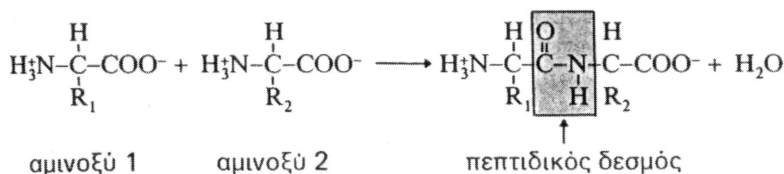
πολυάριθμων αναλόγων πειραμάτων, υπό διαφορετικές φυσικές και χημικές συνθήκες, που κατέληξαν σε παρόμοια αποτελέσματα, δηλ. τη σύνθεση πολλών αμινοξέων, αλλά και άλλων προδρομών βιομορίων, όπως αζωτούχων βάσεων, σακχάρων, κ.ά.

Σε ένα από τα πειράματα αυτά αποδείχθηκε η σχετικά εύκολη παραγωγή επτά αμινοξέων. Είναι ενδιαφέρον ότι τα αμινοξέα αυτά είναι αυτά που βρίσκονται σε αφθονία στη γή. Τα αμινοξέα είναι ασύμμετρα μόρια, παρουσιάζόμενα στην L- και D- μορφή. Στη ζωντανή ύλη, όμως, παρουσιάζεται σχεδόν αποκλειστικά η L-μορφή των αμινοξέων. Το πώς προήλθε αυτό συζητείται ακόμη. Μια θεωρία είναι ότι η μεγαλύτερη αστάθεια των D-αμινοξέων οδήγησε στην πιο εύκολη καταστροφή τους και σε εμπλουτισμό της L-μορφής. Εκτός των βιομορίων που σήμερα αναγνωρίζονται ως συστατικά της ζωντανής ύλης, σχηματίστηκαν υπό αρχέγονες συνθήκες – όπως φαίνεται από τα πειράματα τύπου Miller – και μόρια που δεν απαντώνται στους σημερινούς οργανισμούς. Τα μόρια αυτά, επομένως, “αποκλείστηκαν”, για άγνωστους λόγους, στο να συμμετάσχουν στη δόμηση του κυττάρου.

5. Από τα πρώτα απλά στα σύνθετα βιομόρια

Από τα πειράματα τύπου Miller έγινε φανερό ότι τα περισσότερα πρόδρομα μόρια των πολυπλοκότερων βιομορίων ήταν δυνατό να συντεθούν στις συνθήκες που επικρατούσαν στην αρχέγονη γη. Το ερώτημα που τίθεται είναι το πώς αυτά τα πρόδρομα μόρια ενώθηκαν για σχηματισμό των πιο σύνθετων βιομορίων, όπως είναι οι πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα.

Καταρχήν θα έπρεπε τα πρόδρομα να βρίσκονται σε συγκεντρώσεις αρκετά μεγάλες, ώστε να είναι δυνατή η περαιτέρω συνένωσή τους (δημιουργία “αρχέγονης σούπας”). Πιθανώς διάφορες γεωφυσικές διεργασίες, όπως εξάτμιση νερού, καθίζηση, κρυστάλλωση, κ.ά., οδήγησαν σε διάφορα μικρο- ή μακρο-περιβάλλοντα, που αφενός εξασφάλιζαν τις απαιτούμενες συγκεντρώσεις, αφετέρου και θερμοκρασίες συμβατές με τη ζωή. Στις υψηλές θερμοκρασίες της αρχέγονης γης, που ήταν απαραίτητες για τη σύνθεση των απλών ενώσεων, θα έπρεπε τα σύνθετα μόρια να καταστρέφονταν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση των πρόδρομων των πρωτεϊνών, των αμινοξέων, φαίνεται ότι η προσρόφσή τους στην επιφάνεια φυσικών ορυκτών (πηλών) σε πιο ήπιες συνθήκες, επέτρεψε τη δημιουργία του πεπτιδικού δεσμού (Εικ. 3), επομένως τη συνένωσή τους σε πολυπεπτιδικές αλυσίδες.

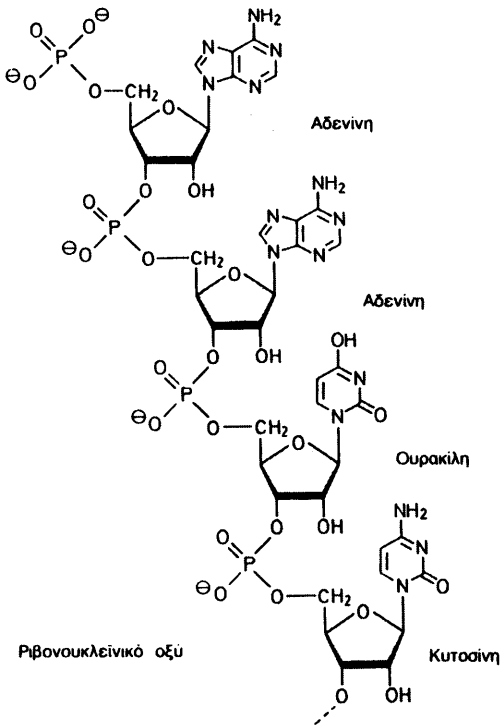


Εικόνα 3

Ο σχηματισμός πεπτιδικού δεσμού από τη συνένωση δύο αμινοξέων.

Η καρβοξυλική ομάδα του ενός αμινοξέος ενώνεται με την αμινομάδα του επόμενου, με αφαίρεση ύδατος.

Βασικά συστατικά των νουκλεϊνικών οξέων είναι τα νουκλεοτίδια, που κι αυτά αποτελούνται από πιο απλά μόρια, τις αζωτούχες βάσεις, σάκχαρα (ριβόζη στο RNA, δεσοζυριβόζη στο DNA) και φωσφορικό οξύ (Εικ. 4). Οι αζωτούχες βάσεις έχουν συντεθεί in vitro σε πειράματα τύπου Miller, τα σάκχαρα υπό συνθήκες που προσομοιάζουν τη ροή ύδατος θερμών πηγών πάνω σε στρώμα πηλού που φέρει φωσφορικό οξύ (το φωσφορικό οξύ εμφανίστηκε ως αποτέλεσμα ηφαιστειακής δραστηριότη-



Εικόνα 4
Δομή νουκλεϊνικών οξέων

Δείχνεται η δομή του RNA (όμοια είναι η δομή του DNA, με εξαίρεση ότι περιέχει δεσοξυριβόζη αντί της ριβόζης, και θυμίνη στη θέση της ουρακίλης). Το RNA αποτελείται από νουκλεοτίδια, καθένα από τα οποία αποτελείται από μια φωσφορική ομάδα συνδεδεμένη με μια αζωτούχο βάση (γουανίνη, αδενίνη, ουρακίλη και κυτοσίνη).

Το μονόκλωνο RNA μπορεί να σχηματίζει και δίκλωνο RNA, με τη δημιουργία δεσμών βάσεων μεταξύ ουρακίλης του ενός κλώνου με την αδενίνη του άλλου (και της κυτοσίνης με τη γουανίνη). Ο σχηματισμός των ζευγών βάσεων και η καταλυτική ιδιότητα του RNA ήταν ουσιαστικές ιδιότητες για τη δυνατότητα του RNA να αναδιπλασιάζεται.

τας). Όπως και κατά το σχηματισμό του πεπτιδικού δεσμού, έτσι και κατά τη σύνδεση των απλούστερων προδρόμων προς σχηματισμό νουκλεοτιδίων (και, ακολούθως νουκλεϊνικών οξέων) αφαιρείται νερό. Στην περίπτωση αυτή καταλυτικό ρόλο παίζει το φωσφορικό οξύ. Πάντως σε πειράματα τύπου Miller δεν έχουν παραχθεί νουκλεοτίδια, προφανώς λόγω της αστάθειάς τους στις συνθήκες του πειράματος. Όπως και στην περίπτωση των πρωτεϊνών, στη σύνθεση των νουκλεϊνικών οξέων σημαντικό ρόλο θα έπαιζαν οι επιφάνειες των πηλών και τα μεταλλικά ιόντα που περιείχαν. Η γραμμική δομή των πηλών φαίνεται ότι προκάλεσε τη γραμμική διάταξη των νουκλεοτιδίων, που συνενώθηκαν με αφαίρεση νερού, και σχημάτισαν μικρότερα ή μεγαλύτερα πολυμερή (νουκλεϊνικά οξέα). Την απαιτούμενη ενέργεια για τις συνθετικές διεργασίες προσέφεραν τα προσροφημένα στους πηλούς πολυφωσφορικά.

6. Από τα βιομόρια στα πρώτα αρχέγονα κύτταρα

Ενώ η σύνθεση των βιομορίων που αποτελούν τα συστατικά του κυττάρου μπορεί και πειραματικά να αναπαραχθεί στις υποθετικές αβιοτικές συνθήκες, η “συναρμολόγηση” των βιομορίων προς μια αρχέγονη μορφή κυττάρου, με ικανότητες που χαρακτηρίζουν τα ζωντανά κύτταρα, δηλ. αντιγραφή/αναδιπλασιασμό/μεταβίβαση των γενετικών πληροφοριών και μεταβολισμό, παριστάνει ένα πολύ πιο δύσκολο πρόβλημα. Βασικό, άλυτο ακόμη πρόβλημα, είναι το αν οι μηχανισμοί αντιγραφής αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα και έξω από την αρχέγονη, με μεταβολικές ικανότητες, κυτταρική δομή και αργότερα ενσωματώθηκαν στο κύτταρο ή αν η ανάπτυξη αυτή συντελέστηκε παράλληλα μέσα στο κύτταρο.

Πρώτο βήμα προς την κυτταρική δομή θα ήταν η κατάλληλη συγκέντρωση των βιομορίων και η περιχάράκωσή τους από το περιβάλλον με πρωτογενείς μεμβρανικούς σχηματισμούς. Όσον αφορά τη συγκέντρωσή τους έχουν προταθεί μηχανισμοί που συμπεριλαμβάνουν κατάψυξη υδατικών διαλυμάτων, και τη δημιουργία πυρήνα με μεγάλη συγκέντρωση ουσιών και αραιό υδατικό περίβλημα, σχηματισμό μικροφουσαλίδων, συγκέντρωση στην επιφάνεια ανόργανων υλικών, κ.ά. Όσον αφορά τις πρωτόγονες μεμβράνες, θα μπορούσαν λιπίδια (λιπαρά οξέα έχουν ανιχνευθεί σε μετεωρίτες) υπό κατάλληλες συνθήκες – όμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα για παρασκευή λιποσωμάτων – να είχαν χρησιμεύσει ως βάση για τα πρώτα κυτταρικά τοιχώματα. Ο Oparin αναμιγνύοντας ελαιώδες υγρό με νερό σχημάτισε κολλοειδή συμπυκνώματα (coacervates), στα οποία αιωρούντο ελαιώδη σταγονίδια, που θεώρησε πρωτόγονες κυτταρικές δομές. Σχετικά με το ενεργειακό ισοζύγιο των αρχέγονων κυττάρων είναι πιθανό ότι η ενεργειακή προσφορά βασιζέτο στην ύπαρξη προσχηματισμένων μορίων (πολυφωσφορικές ενώσεις, πιθανώς και ATP) αργότερα στη βαθμιαία εμφάνιση πρωτεϊνικών μορίων με καταλυτικές ιδιότητες (ενζύμων).

Η διαπίστωση ότι ορισμένα RNA έχουν καταλυτικές ιδιότητες (ριβοζύμες) και το γεγονός ότι η σύνθεση ριβόζης είναι πιο εύκολη διαδικασία απ' αυτή της συνθέσεως δεσοξυριβόζης (που απαιτεί βήμα – ενζυμικά καταλυόμενο – αφαίρεσης υδρογόνου), οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα πρώτα μόρια με ικανότητα όμοιου αναδιπλασιασμού ήσαν RNA. Ένα υποθετικό σχετικό σενάριο είναι το ακόλουθο: Ένα τυχαίο, υπό αβιοτικές συνθήκες, συντιθέμενο μόριο RNA, που εμφανίζει καταλυτικές ιδιότητες, χρησιμεύει ως καλούπι για τη διάταξη πάνω του νουκλεοτιδίων, σύμφωνα με το σχηματισμό ζευγών βάσεων κατά Watson-Crick. Τα νουκλεοτίδια ακολούθως συνενώνονται σε πολυνουκλεοτίδια χάρις στην καταλυτική δράση του καλουπιού RNA. Οι δύο κλώνοι RNA αποδιατάσσονται και το καταλυτικό RNA αντιγράφει εν συνεχεία το συμπληρωματικό κλώνο του, αναπαράγοντας έτσι τον εαυτό του. Η καταλυτική αντιγραφή τόσο του “καταλύτη”, όσο και του συμπληρωματικού του κλώνου, διατηρεί την επαναλαμβανόμενη αναπαραγωγή και των δύο κλώνων. Η αποδιάταξη του δικλώνου RNA μπορεί να ξεκινήσει εκ νέου τη διαδικασία και το μηχανισμό αντιγραφής. Έχει διατυπωθεί επίσης η υπόθεση ότι τα πρώτα αναπαραγόμενα μόρια RNA ήσαν πυρανόζυλο-RNA, που αντί φουρανοζυλοριβόζης (πενταμελής δακτύλιος) έφεραν πυρανοζυλοριβόζη (εξαμελής δακτύλιος). Κατ' άλλους, τα αρχικά αναπαραγόμενα μόρια είχαν δομή με σκελετό πρωτεϊνών που έφεραν στις πλάγιες αλυσίδες βάσεις του RNA. Σύμφωνα με άλλες θεωρίες τα πρώτα αναπαραγόμενα μόρια δεν ήσαν RNA, αλλά ανόργανα (πηλοί), που έφεραν κατιόντα καταλλήλως διατεταγμένα στην επιφάνειά τους, που μπορούσαν να κατευθύνουν τη σύνθεση νέων στρωμάτων πηλού με όμοια κατανομή κατιόντων. Πάντως, ο κόσμος του RNA αντικαταστάθηκε (με εξαίρεση ορισμένους ιούς) από τον κόσμο του DNA, όπου το DNA απέκτησε τον κεντρικό ρόλο ως γενετικό υλικό, δηλ. ως φορέας των γενετικών πληροφοριών.

Υπάρχουν αρκετές υποθέσεις ως προς το πώς τα νουκλεϊνικά οξέα ανέπτυξαν το ρόλο αυτό, (υπόθεση Eigen), πώς από την άμεση αναγνώριση του πρωτόγονου γενετικού υλικού από τα κωδικευόμενα απ' αυτό αμινοξέα και την πιθανή συμμετοχή του γενετικού υλικού και στη δημιουργία του πεπτιδικού δεσμού, φθάσαμε στην έμμεση αναγνώριση γενετικού υλικού – αμινοξέων μέσω αγγελιοφόρου RNA και μεταφορικών RNA και στην ανάληψη του πρωτεϊνοσυνθετικού ρόλου από τα ριβοσώματα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα της συμμετοχής του ριβοσωμικού RNA στην καταλυτική διεργασία του σχηματισμού του πεπτιδικού δεσμού.

7. Από τα αρχέγονα κύτταρα στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς

Οποιοσδήποτε και αν ήταν οι μηχανισμοί, τα πρώτα ζωντανά κύτταρα φαίνεται ότι εμφανίσθηκαν προ τριών δισεκατομμυρίων ετών υπό τη μορφή ετεροτρόφων βακτηριδίων, δηλ. οργανισμών που βασίζοντο από την άποψη παραγωγής ενέργειας στην αναερόβιο διάσπαση (ζύμωση) αβιοτικά προσχηματισμένων χημικών ουσιών. Αργότερα, με την ενσωμάτωση (επίσης αβιοτικά προσχηματισμένων) πορφυρινών, εξελίχθηκαν αυτότροφες μορφές φωτοσυνθετικών βακτηριδίων, που μπορούσαν να εκμεταλλευθούν την ηλιακή ενέργεια για τις συνθετικές τους ανάγκες και λόγω της ανοξικής ατμόσφαιρας ήταν αναγκαστικά αναερόβιοι, χρησιμοποιώντας κυρίως H_2S και γαλακτικό οξύ αντί H_2O . Οι προκαρυωτικοί αυτοί οργανισμοί (προκαρυωτικά είναι τα κύτταρα που δεν έχουν πυρήνα, σε αντίθεση με τα ευκαρυωτικά που έχουν κυτταρικό πυρήνα, βλ. Πίνακα 2) θεωρούνται οι πρόδρομοι των σημερινών φωτοσυνθετικών βακτηριδίων. Περίπου την ίδια εποχή εμφανίσθηκαν βακτηρίδια που δέσμευαν το άζωτο και το χρησιμοποιούσαν για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε αζωτούχες ενώσεις. Αυτό γιατί λόγω της ανοξικής ατμόσφαιρας, και επομένως και της ελλείψεως όζοντος, η υπερϊώδης ακτινοβολία θα οδηγούσε γρήγορα σε διάσπαση τυχόν υπάρχουσας αμμωνίας σε άζωτο.

Πίνακας 2

Διαφορές Προκαρυωτικών - Ευκαρυωτικών

	<i>Προκαρυωτικά</i>	<i>Ευκαρυωτικά</i>
Υπαρξη κυτταρικού πυρήνα	όχι	ναι
Κυτταρικά οργανίδια (μυτοχόνδρια-χλωροπλάστες)	όχι	ναι
Τρόπος αναπαραγωγής	σχάση	μίτωση ή μείωση
Μεταβολισμός	Αναερόβιος και αερόβιος	αερόβιος
Κυτταρική οργάνωση	Μονοκύτταροι	κυρίως πολυκύτταροι με διαφοροποίηση των κυττάρων

Προ δύο δισεκατομμυρίων ετών εμφανίσθηκαν τα πρώτα αερόβια φωτοσυνθετικά βακτηρίδια, τα πρόδρομα των σημερινών κυανοβακτηριδίων. Η εμφάνισή τους είχε κολοσοϊαία επίδραση στην εξέλιξη των κυτταρικών μορφών, λόγω της αλλαγής στη σύσταση της ατμόσφαιρας, που άρχισε να εμπλουτίζεται σε οξυγόνο. Η αύξηση αυτή του οξυγόνου της ατμόσφαιρας οδήγησε στην εξαφάνιση πολλών αναερόβιων οργανισμών, στον περιορισμό τους σε αναερόβια περιβάλλοντα, ή στην προσαρμογή τους στις αερόβιες συνθήκες. Τα κυανοβακτηρίδια εξαπλώθηκαν ευρύτατα και αποτέλεσαν την κύρια μορφή οργανισμών για πολλές εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, δημιουργώντας πλούσια σε οξυγόνο ατμόσφαιρα, και με στρώμα όζοντος, προστατευτικό στις υπερϊώδεις ακτινοβολίες. Τα κύτταρα απέκτησαν την ικανότητα να χρησιμοποιούν το οξυγόνο για τις ενεργειακές τους ανάγκες, αναπτύχθηκαν όλοι οι μεταβολικοί κύκλοι των κυττάρων, και η μεγάλη ενεργειακή τους απόδοση. Από τα προκαρυωτικά κύτταρα, με το σχηματισμό του ειδικού ενδοκυτταρικού διαμερίσματος στον οποίον περιορίσθηκε το γενετικό υλικό (του πυρήνα), καθώς και με την ανάπτυξη ειδικών μηχανισμών επεξεργασίας και μεταφοράς

RNA, εξελίχθηκαν τα ευκαρυωτικά (πρωτοευκαρυωτικά). Φαίνεται ότι στα κύτταρα αυτά εισήλθαν αργότερα προκαρυωτικοί οργανισμοί που αναπτύχθηκαν συμβιωτικά, εξελισσόμενοι σε μιτοχόνδρια και σε χλωροπλάστες. Τα κύτταρα που απέκτησαν μόνο μιτοχόνδρια εξελίχθηκαν στα ζωικά κύτταρα, ενώ αυτά με μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες σε φυτικά κύτταρα. Τα οργανίδια αυτά πολλαπλασίασαν την ενεργειακή απόδοση των κυττάρων.

Η εμφάνιση των πρώτων ευκαρυωτικών κυττάρων υπολογίζεται ότι έγινε προ 1,5 δισεκατομμυρίων ετών. Τα κύτταρα αυτά, εντελώς αερόβια, απέκτησαν την ικανότητα της μιτωτικής αναπαραγωγής και στα επόμενα 400-500 εκατομμύρια χρόνια εξελίχθηκαν στις διάφορες μορφές πολυκυττάρων οργανισμών, φυλετικά αναπαραγόμενων, πολλές από τις οποίες αναγνωρίζονται ως πρόδρομες μορφές των σύγχρονων φυτών ή ζώων. Από εκεί και πέρα, αρχίζει πια η όμορφη ιστορία της εξελίξεως που κατέληξε στο σημερινό άνθρωπο ως επιστέγασμα, ας το παραδεχτούμε, της δημιουργίας. Όμως οι μηχανισμοί της εξελίξεως, που οδήγησαν στη θαυμαστή ποικιλία των ζώντων οργανισμών, θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο (Η θεωρία της εξελίξεως, Μ. Τύπας).

Βιβλιογραφία

1. A.G. Cairns-Smith: Genetic takeover and the mineral origins of life. Cambridge University Press, New York, Cambridge (1982).
2. F.J. Dyson: A model of origin of life. J. Mol. Evol. 18, 344-350 (1982).
3. M. Eigen, W. Gardiner, P. Schuster and R. Winkler-Oswatitch: The origin of genetic information. Sci. Amer. 244, 88-118 (1981).
4. R.J. Gestel and J.F. Atkins, ed.: The RNA World. Cold Spring Harbor Laboratory Press (1993).
5. L. Margulis: Origin of Eucaryotic cells. Yale University Press, New York, Cambridge (1970).
6. S.M. Miller and L.E. Orgel: The origins of life on earth. Prentic Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. (1974).
7. L.E. Orgel: The origin of life on the earth. Sci. Amer. 271, 53-61, 1994.
8. C. Sagan, S.J. Gould, M. Minsky and S. Weinberg. Life in the Universe. Sci. Amer., 271, 70-77, 1994.

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.

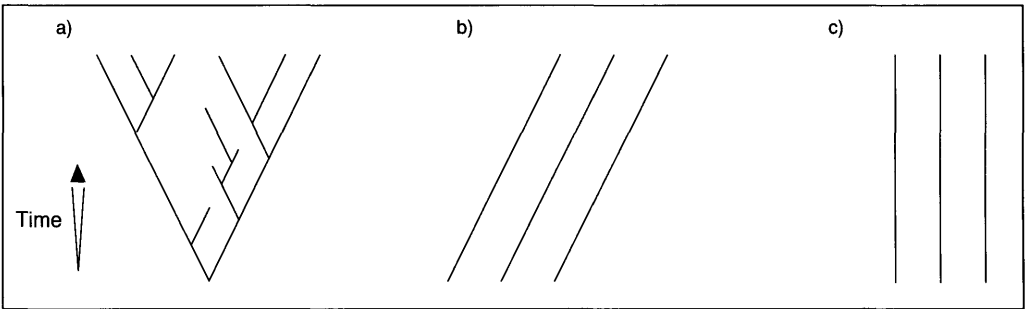
Στην αρχή, οι Έλληνες φιλόσοφοι προσέγγισαν περισσότερο από όλους την αλήθεια για την έναρξη της ζωής, θεωρώντας ότι η ζωή έχει προέλθει από την ιλύ της θάλασσας, εκεί ακριβώς που σκάει το κύμα. Λίγο αργότερα, ασχολήθηκε και ο Ιπποκράτης με την έννοια της κληρονομικότητας, θεωρώντας ότι οι απόγονοι του 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 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 καμπλοπάρδαλη. Έλεγε λοιπόν, ότι η καμπλοπάρδαλη 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 φυλλάκια 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 καμπλοπάρδαλη 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 γνωρίσματα 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 καταγραμμένες 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 προκάτοχός του Λαμάρκ (καμηλοπάρδαλης), είχαν από ένα αγαπημένο ζώακι στο οποίο αναφέρονταν και τα περισσότερα παραδείγματά τους. Για τον Δαρβίνου 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 (πάλι για επιβίωση), και

2. Όταν η ποικιλότητα προστεθεί σε αυτά τότε είναι φανερό ότι θα δράσει η φυσική επιλογή. Η εξέλιξη λοιπόν είναι ένα διακλαδιζόμενο 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, στ' 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 συνδετικών κρίκων στα δένδρα, όταν λέμε ότι έτσι ήταν ένας οργανισμός πριν από τόσα εκατομμύρια χρόνια

και έτσι 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, ως 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 σύνδεση 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 Κριμιάς, 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. Πολλές 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-ταξινομησιών 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.

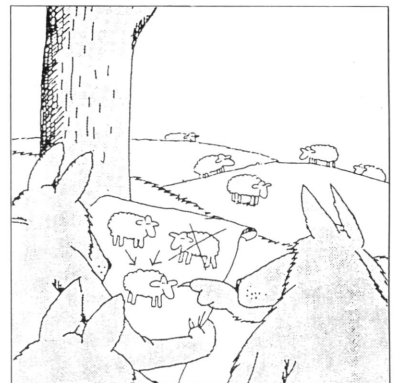
Εκείνο όμως, που παραμένει είναι η ουσία του θέματος, και θα ήθελα εδώ να το τονίσω, για να πάρω και θέση κατευθείαν είναι ότι σε ότι αφορά την έννοια της εξέλιξης, οι βασικές παράμετροι, τα βασικά δεδομένα, αλλά κυρίως η προσέγγιση που έχει ο κάθε ερευνητής είναι αυτή που καθορίζουν τις θεωρίες και 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 πειραματοζώων, 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 απομείναντες 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 μασιζόταν από ελονοσία. Η ασθένεια αυτή προκάλούσε 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. Σημειώτεον ότι, το καλαμπόκι που τρώμε δεν είναι ο φυσικός τύπος του καλαμποκιού, που πρωτοεμφανίστηκε προ χιλιάδων ετών. Το πρώτο-πρώτο καλαμπόκι είχε βυσινί χρώμα και ήταν πάρα πολύ στυφό στη γέυση. 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 γέυση 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 (≈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;

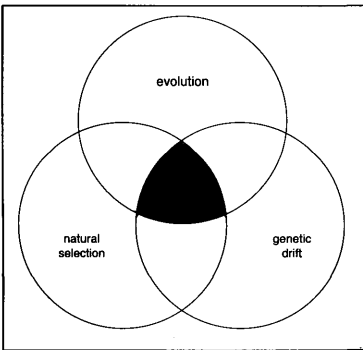
Θυμηθείτε, ότι πολλές φορές, μια μεταλλαγή, η οποία δείχνει έναν οργανισμό με πιο πλουμιστά στοιχεία, μπορεί να έχει επιλεκτικό χαρακτήρα. Αν για παράδειγμα υπάρχει ένας κόκκορας (ή οποιοδήποτε άλλο πτηνό) με άφθονο πτέρωμα, πολύχρωμα και μεγάλα φτερά, είναι καμαρωτός κ.λ.π. ως προς τις διασταυρώσεις 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 φαινόταν 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 υπόβαθρο, π.χ. μαύρο δένδρο, ένα λευκόγκριζο έντομο φαίνεται πάρα πολύ έντονα. Τα κοράκια και όλα τ' άλλα τα πουλιά που τρέφοντο από αυτό, το τρώγαμε 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 πλεονέκτημα 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 προστασία 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 επικαλύπτονται 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.

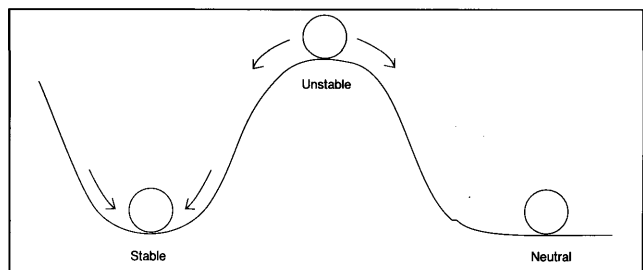
Οι τρεις αυτές έννοιες είναι τρεις παράμετροι, που παίζουν σημαντικότερο ρόλο και οι οποίες τέμνονται αν και διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ τους. Δεν θα πρέπει όμως να θεωρηθεί ότι ταυτίζονται. (βλ. σχήμα 1).



Σχήμα 1

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

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

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 AAG 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.

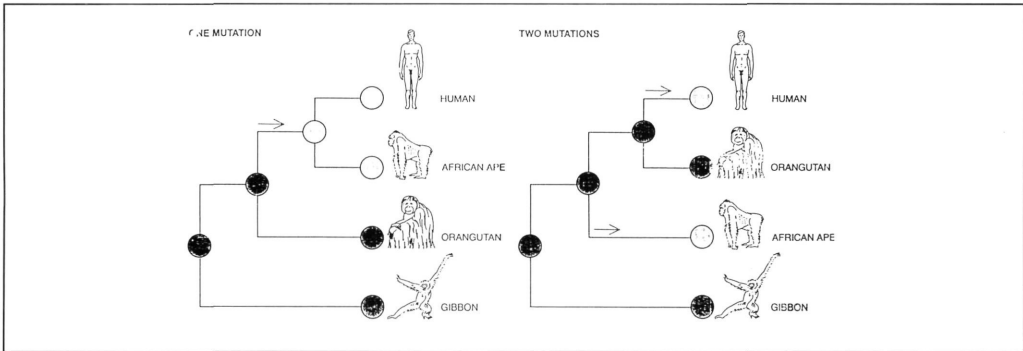
Καταλαβαίνετε λοιπόν, ότι υπάρχει μια τεράστια πολυπλοκότητα, ακόμα και για τα πιο απλά θέματα. Η πολυπλοκότητα αυτή των χαρακτήρων θα πρέπει να μη μας τρομάζει, δεν αποτελεί στάδιο, το οποίο δεν μας επιτρέπει να εξηγήσουμε φαινόμενα, αλλά θα πρέπει να την έχει κανείς πάρα πολύ καλά υπόψη του.

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

ιχνηθημένα, 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 “ριβσοσωμικά” 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).



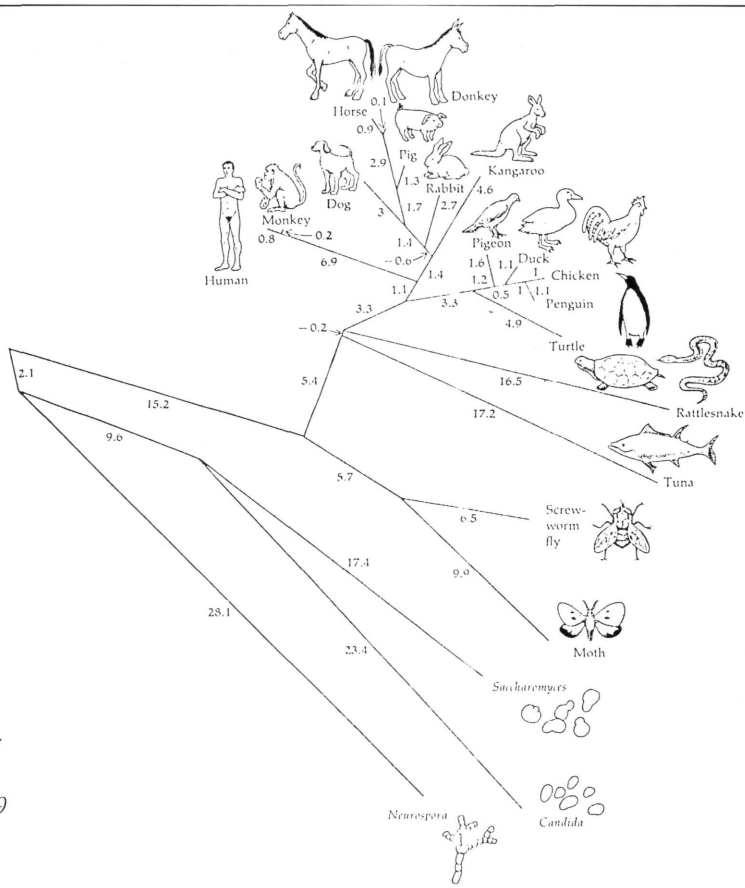
Εικ. 2

HUMAN	1	ATA ACC ATG CAC ACT ACI	10	ATA ACC ACC CTA ACC CTG ACT TCC CTA ATT CCC CCC ATC CTT ACC ACC CTC GTT AAC CCT AAC	20	CTT ACC ACC CTC GTT AAC CCT AAC
CHIMPANZEE		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				
GORILLA		ATA ACI ATG TAC GCT ACC ATA ACC ACC TTA GCC CTA ACT TCC TTA ATT CCC CCI ATC CTT ACC ACC TTC ATI AAI CCT AAC				
ORANGUTAN		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				
GIBBON		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				
HUMAN	30	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	40	GTA AAA TCC ATT ATC GCG TCC ACC TTT ATC ATT AGC CTT TTC CCC ACA ACA ATA TTC	50	CTT ACC ACC CTC GTT AAC CCT AAC
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	60	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	70	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	79	CTT ACC ACC CTC GTT AAC CCT AAC
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 desks 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 κρυνώνει 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 εποικούν 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 μεταλλαγές).

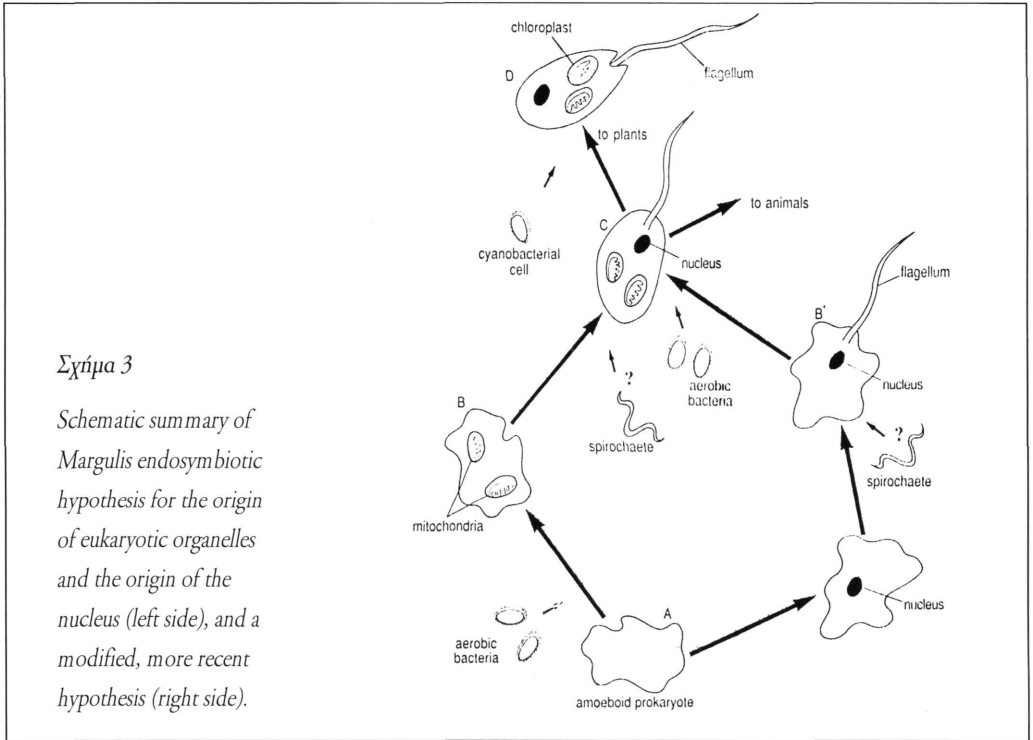
Επί δύο δισεκατομμύρια χρόνια όλοι οι οργανισμοί που δημιουργούνται είναι μονοκύτταροι σαν τα σημερινά βακτήρια. Όλοι τους είναι αναερόβιοι (δηλ., δεν ξέρουν τι σημαίνει το οξυγόνο) και καταναλώνουν συνεχώς το χυλό που έχει δημιουργηθεί. Ωσπου τα φωτοσυνθέτοντα βακτήρια δημιουργούν σιγά-σιγά μια οξειδωτική 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.

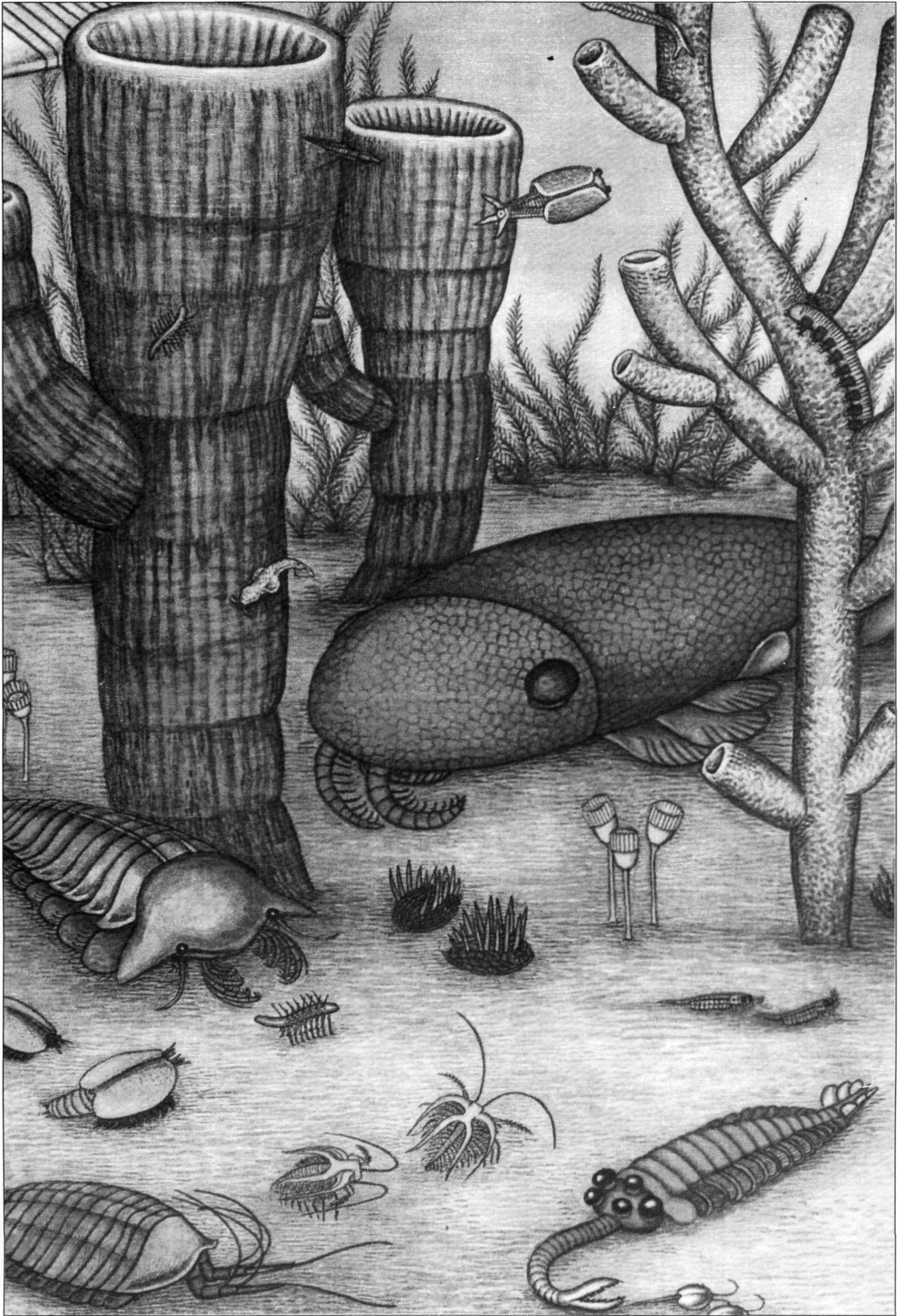
Χαρακτηριστικό γνώρισμα τώρα των ευκαρυωτικών οργανισμών, είναι δύο διαφορετικών φύλων, αρσενικού και θηλυκού. Αρχίζει ο εγγενής πολλαπλασιασμός ο οποίος επιτρέπει ατελείωτους συνδυασμούς μέσω των επιχιασμών στα χρωμοσώματα (δηλ. ανακατεύεται συνέχεια το γενετικό υλικό), οπότε πλέον η εξέλιξη καλπάζει.

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).



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 προσδίδοντας 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.

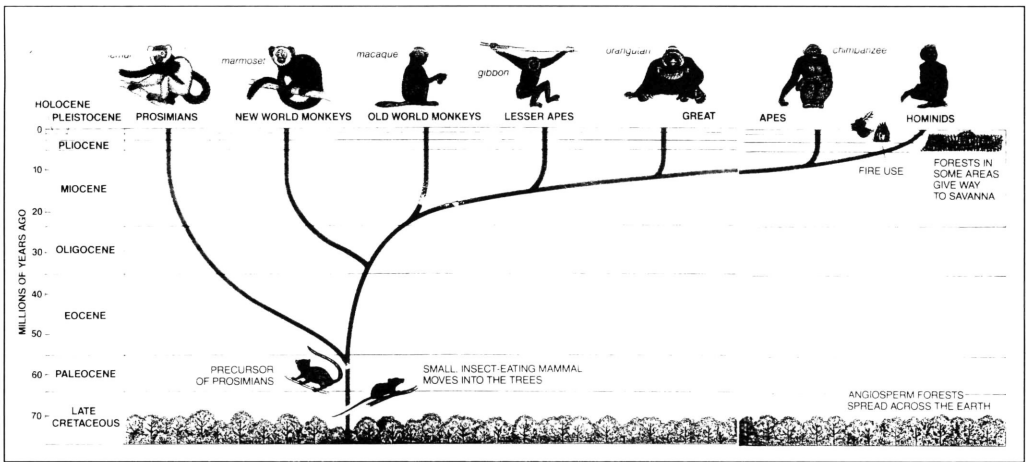
Η περίοδος αυτή είχε προκαλέσει στο παρελθόν μεγάλη συζήτηση δεδομένου ότι οι παλαιοντολογικές ενδείξεις δεν συμφωνούσαν με τις μοριακές ενδείξεις ως προς τη χρονική κλίμακα των συμβάντων. Κυρίως η έλλειψη ενδιάμεσων τύπων απολιθωμάτων που να καταδεικνύουν την εξελικτική πορεία όπως περιγράφεται, υπερκαλύπτεται 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-

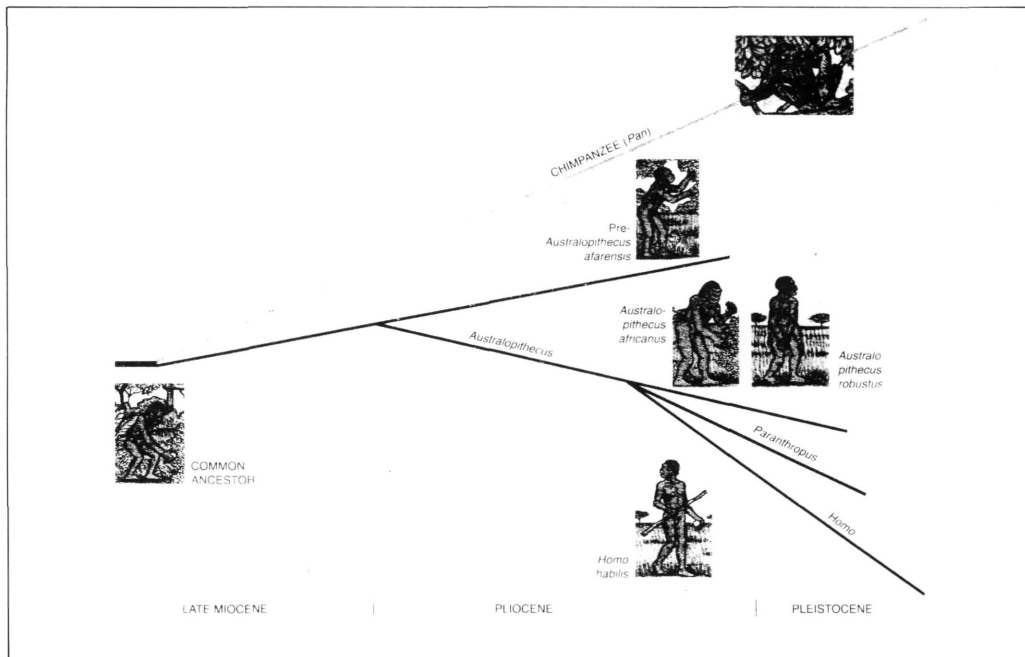
νές ενδείξεις συνηγορούν προς μια ενδιάμεση λύση, δηλ. 7-8 εκατ. χρόνια εξέλιξης. Μια λοιπόν από τις σύγχρονες προσεγγίσεις είναι ο προσδιορισμός της χρονικής περιόδου εξέλιξης του ανθρώπινου είδους μέσω της παρατήρησης της διαίτης των προγονικών μορφών. Είναι δυνατόν λοιπόν να λαμβάνουμε τόσο τις ουσίες που βρίσκονται ανάμεσα στα δόντια απολιθωμάτων, όσο κυρίως το εκχύλισμα του πολυφού των δοντιών, και με ένεση σε κουνέλια να δημιουργούμε αντισώματα αρκετά εξειδικευμένα. Για παράδειγμα, όταν αυτό έγινε για τον *Rhamparhethicus* 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 Ρan (χιμπατζή). Συγκρίσεις κάποιων πρωτεϊνικών μορίων και κυρίως DNA απολιθωμάτων με τις σημερινές μορφές οδηγούν στην αποδοχή της συνύπαρξης του Hominines με τους Αυστραλοπίθηκους επί 2 εκατ. έτη (από 3-1 εκατ. έτη). Ταυτόχρονα, τα χιλιάδες απολιθώματα του ποταμού Omo της Αιθιοπίας από ιζηματογενή πετρώματα βάρους 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).

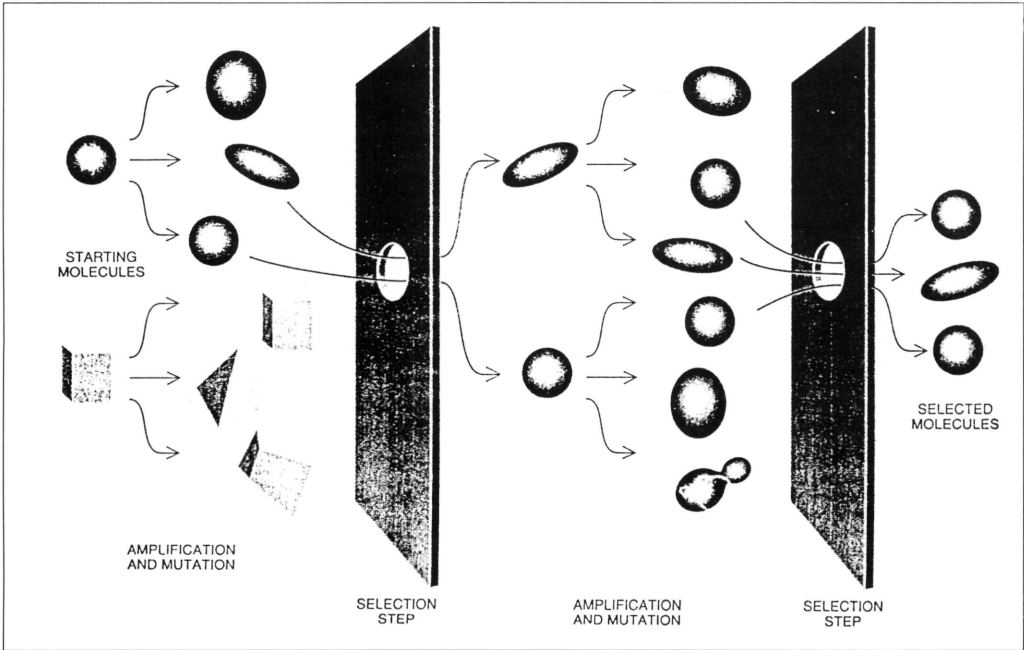


Εικόνα 6

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 αρμαθίες 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 δημιούργησε 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 δραστικές 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 (ηφαίστεια, 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 ελπίζουμε ότι σύντομα θα γίνει αντιληπτή η καταστροφική πορεία και θα υπάρξει σεβασμός προς τη φύση και τη ζωή, ώστε να προχωρεί ανεμπόδιστα η εξέλιξη.

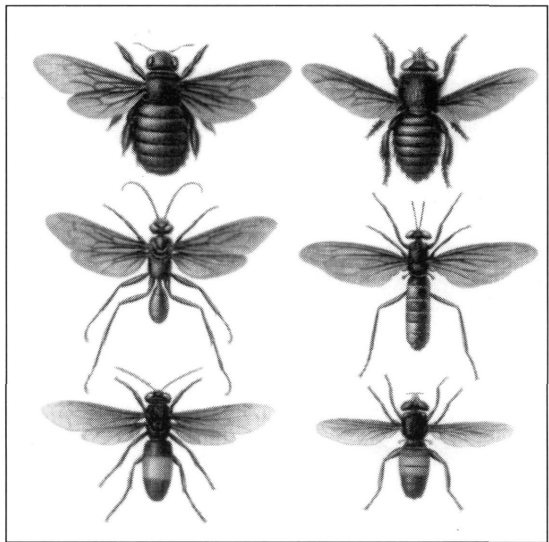
Εκτείνοντας το Δαρβινισμό στα έσχατά του Ορια

Ομιλητής: Κ.Β. ΚΡΙΜΠΙΑΣ

Καθηγητής Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Βιολογίας, Τμήμα Μεθοδολογίας,
Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης στο Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η διάλεξη αυτή έχει ως θέμα την επέκταση του Δαρβινισμού σε διάφορα άλλα πεδία γνώσεως, ακόμα και σε απομεμακρυσμένα, που βρίσκονται πέραν του αρχικού πεδίου εφαρμογής της θεωρίας. Αυτή η τάση επεκτάσεως του Δαρβινισμού αποδεικνύει πόσο επιτυχής υπήρξε στην ερμηνεία της οργανικής εξέλιξης αλλά και πόσο σημαντικός είναι ο μηχανισμός δοκιμής-απορρίψεως για να εξηγήσει τη διαμόρφωση τάξεως και την παρουσία πολύπλοκων και μη κοινότοπων δομών.

Ας εξετάσουμε πρώτα το μηχανισμό της δαρβινικής εξέλιξης. Τον πρώτο λόγο έχει η επιλογή. Ένα εντυπωσιακό παράδειγμα επιλογής φαίνεται στην Εικόνα 1: οι άκακες μυίγες από το Βόρνεο, που εικονίζονται στη δεύτερη στήλη, μιμούνται τις επικίνδυνες σφήκες που υπάρχουν στο ίδιο περιβάλλον, αυτές που εικονίζονται στην πρώτη στήλη. Πρόκειται για μια τυπική περίπτωση Μπεϊτσιανής μιμικρίας (Batesian mimicry), όπου ένα ακίνδυνο είδος μοιάζει σε ένα επικίνδυνο για να ξεφύγει το θάνατο, να ξεγελάσει το διώκτη του. Μια συνεχής επιλογή κληρονομικών μορφολογικών παραλλαγών, που βοηθούν και ενισχύουν τη μορφολογική ομοιότητα προς το πρότυπο, πέτυχε αυτό το εκπληκτικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 1

Τρεις περιπτώσεις μιμικρίας του Bates.

Ο μηχανισμός της επιλογής προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Charles Darwin (τον Κάρολο Δαρβίνο) και συγχρόνως από τον Alfred Russel Wallace. Η νεοδαρβινική θεωρία, η οποία σήμερα δεσπόζει στην επιστημονική κοινότητα των εξελικτικών, δανείζεται από τον Darwin το μηχανισμό της φυσικής επιλογής και το συνδυάζει με το Μενδελιανό μηχανισμό κληρονομικότητας. Ο μηχανισμός της κληρονομικότητας πρωτοανακαλύφθηκε από τον Γρηγόριο Mendel και αργότερα η γνώση αυτού του μηχανισμού διευρύνθηκε και εξειδικεύτηκε από τον Τ.Η. Morgan και τη σχολή του. Αυτός ο μηχανισμός δεν επιτρέπει την κληρονομικότητα επικλήτων ιδιοτήτων, αποκλείει αυτό που σήμερα ονομάζουμε λαμαρκιανή ερμηνεία της εξέλιξης. Όμως αυτή η πίστη στην κληρονομικότητα των επικλήτων ιδιοτήτων δεν θα έπρεπε να αποδοθεί αποκλειστικά στο μεγάλο Γάλλο φυσιοδίφη Jean Baptiste Antoine de Monet,

ιππότη του La Marck. Τουναντίον, η πλειονότητα των επιστημόνων κατά τον 19ο αιώνα, και όχι μόνον τότε, πίστευε σε αυτήν, μεταξύ των οποίων πρέπει να συγκαταλέξουμε και τον Darwin. Η νεοδαρβινική ή συνθετική θεωρία ακολουθεί τις θέσεις του August Weismann και άλλων ακραίων δαρβινιστών, που αποκλείουν μια τέτοια κληρονομικότητα. Το περιβάλλον δεν αφρίζει άμεσα στον οργανισμό ένα κληρονομούμενο αποτύπωμα αλλά επιδρά επιτρέποντας, επάγοντας ή εξαναγκάζοντας ένα μηχανισμό επιλογής επί προϋπαρχουσών παραλλαγών. Πρόκειται για μια επιλογή εκείνων των παραλλαγών που καθιστούν ικανό τον οργανισμό να αντιμετωπίσει τις περιβαλλοντικές προκλήσεις και να επιλύσει τα προβλήματα τα οποία του θέτει το περιβάλλον. Μπορούμε να διακρίνουμε, ακολουθώντας τον Peter Medawar, δυο μεγάλες κατηγορίες μηχανισμών που επιτρέπουν μια εξελικτική μεταβολή: τους διδακτικούς μηχανισμούς, κατά τους οποίους το περιβάλλον άμεσα αποτυπώνει μια κληρονομούμενη αλλαγή στον οργανισμό, και τους επιλεκτικούς. Στον αιώνα μας παρακολουθούμε συνεχείς αποτυχίες των διδακτικών μηχανισμών, εκείνων που αναφέρονται στην κληρονομικότητα επικτήτων ιδιοτήτων. Τουναντίον παρατηρούμε η υιοθέτηση επιλεκτικών μηχανισμών να επεκτείνεται διαρκώς σε διάφορους κλάδους της βιολογίας. Κατά την κλασική λοιπόν αντίληψη η εξελικτική μεταβολή προέρχεται από το συνδυασμό δύο διάκριτων φαινομένων: πρώτα από την παραγωγή πλήθους κληρονομικών παραλλαγών με την τυχαία διαδικασία της μεταλλαγής και μετά από την επιλογή εκείνων των παραλλαγών που προσδίδουν κάποιο πλεονέκτημα στον οργανισμό, που ευνοούν την επιβίωσή του και την αναπαραγωγή του. Εδώ ίσως θα ήταν σκόπιμο να διευκρινίσουμε τι εννοούμε με τυχαίο όταν πρόκειται για μεταλλαγές, δηλαδή γι' αυτό το σπάνιο γεγονός της παραγωγής νέων παραλλαγών από προϋπάρχον γενετικό υλικό. Το τυχαίο αναφέρεται στην ευνοϊκή ή δυσμενή επίδραση μιας μεταλλάξεως (προϊόντος της μεταλλαγής) στον οργανισμό και στην αναπαραγωγή του. Στην πραγματικότητα η πλειονότητα των μεταλλάξεων έχουν αρνητική επίδραση στον οργανισμό γιατί είναι ευκολότερο μια τυχαία αλλαγή να καταστρέφει μια λειτουργική δομή παρά να τη βελτιώσει. Οι μεταλλάξεις, που παρήχθησαν, συνυπάρχουν με τις προηγούμενες παραλλαγές στον πληθυσμό για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα (συχνά καλυμμένες, κρυφές, από το γενετικό φαινόμενο που ονομάζεται κυριαρχία) και αποτελούν το πρωταρχικό υλικό πάνω στο οποίο μπορεί άμεσα να δράσει η επιλογή. Σε τελική ανάλυση η επιλογή δεν είναι τίποτε άλλο από τη διαφορική αναπαραγωγή (πολλαπλασιασμό) των παραλλαγών. Όντως μερικές παραλλαγές επιτρέπουν μια καλλίτερη επιβίωση του οργανισμού που τις φέρει ή την παραγωγή πολυαριθμότερων απογόνων του που να μοιάζουν με τους γονείς τους. Έτσι, σύμφωνα με τη συνθετική θεωρία, η μικρή αλλαγή συχνότητας στους αλληλομόρφους ενός γονιδίου (μιας γενετικής παραλλαγής) αποτελεί το στοιχειωδέστερο εξελικτικό βήμα. Οι μακροεξελικτικές μεταμορφώσεις οφείλονται, σύμφωνα με αυτή την άποψη, στην άθροιση πολλών τέτοιων στοιχειωδών βημάτων.

Η συνθετική ή νεοδαρβινική θεωρία προτάθηκε πρώτα από τρεις γενετιστές υπό τη μορφή μαθηματικών υποδειγμάτων και επιχειρημάτων που βασίζονται σε τέτοιου είδους μοντέλα. Οι γενετιστές αυτοί έδειξαν ότι ένας νεοδαρβινικός μηχανισμός είναι ικανός να ερμηνεύσει την εξελικτική αλλαγή. Αυτοί οι γενετιστές είχαν ιδιαίτερες μαθηματικές ικανότητες. Ο Sir Ronald Fisher είναι γνωστός όχι μόνο από το βιβλίο του *The Genetic Theory of Natural Selection* (Η γενετική θεωρία της φυσικής επιλογής) αλλά και για τις μελέτες του στη Στατιστική και στη Σχεδίαση Πειραμάτων (στο Βιολογικό Πειραματισμό, Γεωργικό, Ιατρικό κ.ο.κ.). Ο J.B.S. Haldane, και αυτός άγγλος, όπως ο προηγούμενος, έγινε στο ευρύ κοινό γνωστός με το βιβλίο του, στο οποίο εξηγούσε για τον μη ειδικό τη νεοδαρβινική θεωρία με ένα σαφή αλλά και συναρπαστικό τρόπο. Ο Haldane είναι γνωστός στους επιστήμονες από την κατασκευή



Εικόνα 2

Ο Sewall Wright με τον Motoo Kimura και την Ohta

πλήθους εξελικτικών υποδειγμάτων (θα μας δοθεί η ευκαιρία να μιλήσουμε για ένα από αυτά αργότερα), για τα ευφυολογήματά του και για τη μαρξιστική του πολιτική τοποθέτηση. Ο τρίτος αυτής της τριάδας είναι ο αμερικανός Sewall Wright, ο γενετιστής εκείνος ο οποίος ετόνισε ότι σε πληθυσμούς μικρού μεγέθους οι συχνότητες των αλληλομόρφων μπορεί να αλλάζουν επίσης μόνο τυχαία, με τυχαίους βηματισμούς. Στη φωτογραφία βλέπουμε τον Wright μαζί με τον αποθανόντα πρόσφατα ιάπωνα καθηγητή Motoo Kimura και τη συνεργάτιδά του Dr. Ohta, δύο από τους θεμελιωτές της ιαπωνικής σχολής της λεγομένης ουδέτερης εξέλιξης, δηλαδή μιας εξέλιξης η οποία άγεται μόνο από την τύχη (όχι από την επιλογή, όχι από συστηματικές αιτίες αλλαγής).

Αυτοί οι τρεις μαθηματικοί γενετιστές κατέστησαν σαφές στην επιστημονική κοινότητα ότι η εξέλιξη μπορεί να λαμβάνει χώρα σύμφωνα με το μηχανισμό που πρότείνει η συνθετική θεωρία. Ήταν όμως αναγκαίο αυτή η θεωρητική κατασκευή να επενδυθεί με πειραματικά δεδομένα και με τη μελέτη φυσικών πληθυσμών. Προς αυτή την κατεύθυνση εστράφη το ενδιαφέρον μιας ομάδας βιολόγων στη Σοβιετική Ένωση στις αρχές της δεκαετίας του 1920. Η ομάδα αυτή καθοδηγείτο από έναν φυσιοδίφη και γενετιστή, τον Sergei Sergeievitch Chetverikov. Ο Chetverikov διήυθυνε ένα κλειστό σεμινάριο, που παρακολουθούσαν μερικοί λαμπροί νέοι βιολόγοι. Σε αυτό το σεμινάριο διετυπώθη μια άλλη εκδοχή του νεοδαρβινισμού. Σε αυτήν εδίδετο ιδιαίτερη έμφαση στο γενετικό πολυμορφισμό, δηλαδή στην παρουσία σημαντικών αποθεμάτων γενετικών παραλλαγών (αλληλομόρφων) στους φυσικούς πληθυσμούς. Το επιστημονικό πρόγραμμα αυτής της σχολής ήταν η ποσοτική εκτίμηση του αποθέματος του γενετικού πολυμορφισμού. Το σεμινάριο υπήρξε βραχύβιο γιατί ο Chetverikov καταγγέλθηκε και στη συνέχεια φυλακίστηκε, τέλος δε εξορίστηκε. Υπηρέτησε στην εξορία ως καθηγητής Μαθηματικών σε μια μικρή επαρχιακή πόλη μέχρι το τέλος της επιστημονικής του σταδιοδρομίας. Όμως, δυο από τους μαθητές του, ο Νικολάι Βλαδιμίροβιτς Timofeeff-Ressovsky και η γυναίκα του Ελένη Αλεξάνδροβα Fiedler είχαν ήδη εγκαταλείψει τη Ρωσία χάρις σε μια συγκυρία ανεπάντεχων περιστατικών. Τον Ιανουάριο του 1924 πέθανε ο Βλαδιμίρ Ίλιτς Λένιν και η Σοβιετική Κυβέρνηση απεφάσισε ότι έπρεπε να μελετηθεί προσεκτικά ο εγκέφαλός του για να διαπιστωθεί ιστολογικά η βάση της μεγαλοφυΐας του

ήρωα της ρωσικής επανάστασης. Όμως δεν υπήρχαν στην ΕΣΣΔ κατάλληλοι ιστολόγοι του εγκεφάλου για να διεξαγάγουν αυτήν τη μελέτη. Ως εκ τούτου κάλεσαν γι' αυτό το σκοπό έναν γερμανό, τον Dr. Oscar Vogt, ψυχίατρο και νευρολόγο, διευθυντή του Ινστιτούτου για τη Μελέτη του Εγκεφάλου στο Βερολίνο. Ο Vogt, όμως σε αντάλλαγμα ζήτησε από τους Σοβιετικούς, και το πέτυχε, ο Timofeeff και η γυναίκα του να εργασθούν γι' αυτόν στο Βερολίνο. Όντως ο Timofeeff είχε ήδη καταστήσει γνωστά τα αποτελέσματα γενετικών ερευνών του, που κίνησαν το ενδιαφέρον του Vogt. Αυτός ο τελευταίος νόμιζε πως θα είχαν κάποια σημασία για τη μελέτη νευρικών διαταραχών, τις οποίες εκείνη την εποχή μελετούσε. Ο Timofeeff έφθασε στο Βερολίνο το 1926 και έμεινε εκεί ως το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, όταν ο ρωσικός στρατός μπήκε στην πόλη. Εκείνη την εποχή ήτο ήδη διάσημος για σημαντικά επιστημονικά επιτεύγματά του, στα οποία πρέπει να συγκαταλεχθούν οι μελέτες του για την εξέλιξη. Όμως το κύριο τμήμα των απόψεων της ρωσικής σχολής έφτασε στη Δύση όχι δια του Timofeeff αλλά από άλλο δίαυλο.



Εικόνα 3

Ο Theodosius Dobzhansky (1900-1975)

Η παράδοση, που άφησε ο Chetverikov, έφθασε στη Δύση, και ειδικότερα στις Η.Π.Α. μέσω του Θεοδοσίου Dobzhansky, ενός ρώσου γενετιστή, ενήμερου των απόψεων του Chetverikov, αλλά που δεν συμμετείχε στο σεμινάριό του. Ο Dobzhansky έφθασε στις Η.Π.Α. το 1928 χάρις σε μια υποτροφία του Ιδρύματος Rockefeller για να εργασθεί στο εργαστήριο του Τ.Η. Morgan. Αρχικά, και επί αρκετά χρόνια, οι μελέτες του αφορούσαν καθαρά γενετικά προβλήματα. Μόνο στο τέλος της δεκαετίας του '30 άρχισε να φανερώνεται το ενδιαφέρον του για θέματα εξελικτικής φύσεως, μελέτες φυσικών πληθυσμών με την ενσωμάτωση των απόψεων του Chetverikov στις γνώσεις που ο ίδιος είχε, για τους μηχανισμούς της κληρονομικότητας από τη μέχρι τότε θητεία του στο εργαστήριο του Morgan. Το βιβλίο του *Genetics and the Origin of Species* (Γενετική και προέλευση των ειδών) του 1937, κατέστη διάσημο και σήμερα θεω-

ρείται ως ο θεμέλιος λίθος της συνθετικής θεωρίας και της πειραματικής μελέτης της εξέλιξης. Για πρώτη φορά διατυπώνεται με σαφήνεια η συνθετική θεωρία όπως τη βλέπει ο φυσιοδίφης και ο εργαστηριακός ερευνητής.

Λίγο χρόνο μετά την έκδοση αυτού του βιβλίου, εμπνεόμενοι από αυτό, δυο άλλοι επιστήμονες συμμετέχουν με τον Dobzhansky σε αυτή την προσπάθεια. Και οι τρεις τους θεωρούνται σήμερα οι πατέρες της συνθετικής θεωρίας: ο αμερικανός, αλλά γεννημένος γερμανός, συστηματικός Ernst Mayr και ο αμερικανός παλαιοντολόγος George Gaylord Simpson. Οι δυο αυτοί απέδειξαν ότι η συνθετική θεωρία εφαρμόζεται με επιτυχία και εξηγεί τα φαινόμενα σε δυο άλλες περιοχές γνώσεως, στη συστηματική και στην παλαιοντολογία. Μια εγκυρότητα η οποία αγκάλιασε λοιπόν παραπλήσιους τομείς πέραν της γενετικής μελέτης των πληθυσμών.

Αυτή η σύντομη εξιστόρηση δεν έχει σκοπό να εμφανίσει ως μη όφειλε, περιθωριακή τη συνεισφορά των Ευρωπαίων, ειδικότερα της αγγλικής σχολής. Ο E.B. Ford με επιτυχία συνεδύασε την οικολογι-

Πίνακας 1 <i>Εκτείνοντας το δαρβινισμό στα έσχατα όριά του</i>	
Περιοχές αδιαμφισβήτητης εγκυρότητας	1) Οικολογία: το πρόγραμμα των Nabí 2) Ανοσολογία: η κλωνική θεωρία
Περιοχές ενδιάμεσης εγκυρότητας	3) Ψυχολογία ζώων: δοκιμή και απόρριψη 4) Νευρωνικός δαρβινισμός του Edelman
Περιοχές αμφισβητούμενης εγκυρότητας	5) Κοινωνιοβιολογία του E. O. Wilson 6) Ηθική του M. Ruse 7) Αισθητική 8) Εξελικτική επιστημολογία (Popper, Campbell, Plotκίν κ. ά.)

κή μελέτη των φυσικών πληθυσμών μαζί με τη γενετική. Η αγγλική σχολή χαρακτηρίζεται από τη γενεσιουργό αποτύπωση δυο βιολόγων, είναι η σχολή Fisher-Ford. Την ίδια εποχή ο Julian Huxley, εγγονός του T.H. Huxley, του λυσσώδους υπερασπιστή του Δαρβίνου, και αδελφός του γνωστού μυθιστοριογράφου Aldous Huxley, ήταν επίσης ένας ενεργός νεοδαρβινιστής στην Αγγλία. Όμως είναι προφανές ότι η πειραματική προσπέλαση στη μελέτη της εξελίξεως έφθασε στις Η.Π.Α. στις δεκαετίες του '30 και '40 σε μια τέτοια στάθμη και παρουσίασε μια τέτοια ευρωστία, που δεν τη συναντάμε τότε ή και αργότερα στην Αγγλία ή στη χερσαία Ευρώπη.

Ήδη από τα αρχικά του στάδια ο Δαρβινισμός εξήγησε ικανοποιητικά διάφορα εξελικτικά φαινόμενα, στα οποία μέχρι τότε απεδίδοντο λαμαρκιανοί μηχανισμοί: Τέτοια φαινόμενα ήσαν η ανθεκτικότητας των βακτηρίων στα αντιβιοτικά, των εντόμων στα εντομοκτόνα κ.ο.κ. Αργότερα, έχοντας με επιτυχία περάσει από αυτές τις δοκιμασίες, εφαρμόστηκε και σε πλήθος άλλων πεδίων έρευνας. Καθιστάμεθα σήμερα μάρτυρες μιας ολοένα μεγαλύτερης τάσεως εισβολής του Δαρβινισμού σε νέους τομείς, τάσεως που θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ως επέκταση του Δαρβινισμού πέραν του πεδίου του, εκείνου δηλαδή για το οποίο προετάθη. Μια επέκταση μέχρι τα έσχατα όρια εφαρμογής του. Αυτές τις επεκτατικές τάσεις θα διακρίνω σε τρεις κατηγορίες. Υπάρχει πρώτα μια κατηγορία στην οποία ανήκουν προσπάθειες επιτυχούς επέκτασης, επέκτασης πανθομολογούμενης εγκυρότητας. Το κριτήριο εγκυρότητας το οποίο εδώ χρησιμοποιώ είναι σύνθετο, πρόκειται δηλαδή για ένα συνδυασμό αποδοχής της επέκτασης από την επιστημονική κοινότητα και δυνατότητας ελέγχου της με πειραματισμό. Αυτά τα δυο δεν είναι βέβαια ανεξάρτητα μεταξύ τους. Σε μια δεύτερη κατηγορία συγκαταλέγω περιπτώσεις ενδιάμεσης εγκυρότητας, δηλαδή περιπτώσεις των οποίων η εγκυρότης δεν διαμφισβητήθηκε δημόσια ούτε όμως παρεσχέθησαν σοβαρές ενδείξεις για να υποστηριχθεί το βάσιμό τους. Τέλος σε μια τρίτη κατηγορία τοποθετώ περιπτώσεις που έντονα αμφισβητούνται, εκείνες κατά τις οποίες γίνεται προσπάθεια να εφαρμοσθεί ο Δαρβινισμός σε φαινόμενα κοινωνικά και πολιτιστικά.

Εκτός από τους τομείς στους οποίους εκκαλείτο να εφαρμοσθεί, στη μελέτη δηλαδή των εξελικτικών φαινομένων στη φύση, ο Δαρβινισμός απεδείχθη ιδιαίτερα επιτυχής στην εργαστηριακή τεχνική διότι κατέστη πηγή εμπνεύσεως πειραματικών επινοήσεων και τεχνικών. Μπορούμε σήμερα να πολλαπλασιάζουμε τμήματα DNA με το μηχάνημα PCR (ένα μηχάνημα βασισμένο στην Polymerase Chain Reaction, στην αλυσιδωτή αντίδραση που βασίζεται στην πολυμεράση). Ξεκινώντας από ένα μόριο DNA και προσθέτοντας στο νέο διάλυμα διάφορες χημικές ενώσεις (εκκινητές, ένζυμα κ.ο.κ.) μπορούμε να παράγουμε ένα μεγάλο αριθμό ταυτόσημων μορίων DNA. Μπορούμε στον αρχικό πληθυσμό μορίων DNA που θα χρησιμοποιήσουμε για αναπαραγωγή να δημιουργήσουμε μια τυχαία ποικιλομορφία, εναλλακτικές μορφές του ίδιου μορίου, αλλαγές δηλαδή στην ακολουθία των βάσεων. Μετά τον πολλαπλασιασμό όλων τους μπορούμε να επιλέξουμε αυτές τις ακολουθίες που ικανοποιούν ένα συγκεκριμένο κριτήριο, λ.χ. αποτελούν καλούς υποδοχείς μιας δεδομένης πρωτεΐνης. Ακολουθώντας μπορούμε με τα επιλεγμένα μόρια DNA, προκαλώντας επιπλέον σε αυτά μια περαιτέρω τυχαία ποικιλομορφία, να αρχίσουμε μια νέα σειρά αναπαραγωγής. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές. Σε λίγους κύκλους αναπαραγωγής μπορούμε να καταλήξουμε σε μια τέτοια εξειδίκευση στο δεσμό της πρωτεΐνης στα μόρια του DNA, που με καμιά άλλη εναλλακτική μέθοδο δεν θα πετυχαίναμε τόσο γρήγορα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Forced evolution (καταναγκαστική εξέλιξη). Πρόκειται για μια εφαρμογή του νεοδαρβινισμού και αποτελεί μια ισχυρή μέθοδο στο σύγχρονο οπλοστάσιο των πειραματικών μας μεθόδων. Έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μελέτες αναπτυξιακής βιολογίας και σε άλλους τομείς. Μια παρόμοια τεχνική χρησιμοποιήθηκε επίσης για το RNA, για να βελτιωθεί η ενζυματική εξειδίκευση μορίων RNA. Δεν σκοπεύω εδώ να επεκταθώ σε αυτό το θέμα, θέλω μόνο να υπογραμμίσω ότι ο θεωρητικός μηχανισμός που προτείνει ο νεοδαρβινισμός είναι τόσο ισχυρός και αποτελεσματικός ώστε με επιτυχία μπορεί να εφαρμοσθεί σε εργαστηριακές τεχνικές που κατατείνουν στην παραγωγή μορίων με αυξημένη εξειδίκευση. Μια άλλη εφαρμογή του Δαρβινισμού συναντάται στη Δαρβινική Ιατρική αλλά ο χρόνος δεν μου επιτρέπει να αναφερθώ εκτενέστερα και σε αυτόν τον τομέα.

Η μοριακή αυτή προσέγγιση του νεοδαρβινικού μηχανισμού, στην οποία αναφερθήκαμε ήδη, βρίσκεται πολύ κοντά στο βασικό ανοσοποιητικό μηχανισμό. Επί μακράν σειράν ετών στην ανοσολογία παραδεχόμαστε ότι η παραγωγή αντισωμάτων μπορούσε να γίνει καλλίτερα κατανοητή αν συμφωνούσε με ένα διδακτικό μηχανισμό παραγωγής τους. Τα αντισώματα, με τα οποία ο οργανισμός των θηλαστικών αμύνεται σε παρασιτικούς εισβολείς, βακτήρια, ιούς και άλλους μικροοργανισμούς, είναι πολύ εξειδικευμένα μόρια πρωτεΐνης διότι για κάθε είδος διαφορετικού ξένου μορίου (μορίου εισβολέα), για κάθε δηλαδή αντιγόνο, υπάρχει εξειδικευμένο γι' αυτό αντίσωμα. Επειδή ο αριθμός των δυνατών αντιγόνων, ανέρχεται σε χιλιάδες, αν όχι σε εκατομμύρια, ο οργανισμός είναι ικανός να παραγάγει χιλιάδες ή εκατομμύρια διαφορετικά είδη μορίων που έχουν μια εξειδίκευση του τύπου κλειδιού-κλειδαριάς με τα διάφορα είδη αντιγόνων. Η απλούστερη υπόθεση για την παραγωγή αντιγόνων είναι ότι προέρχεται αυτή η παραγωγή από μια άμεση εντύπωση του μορίου του εισβάλλοντος αντιγόνου σε ένα ευμάλακτο, επιδεκτό διαμόρφωσης άμορφο πρωτεϊνικό υλικό, το οποίο κατ' αυτό τον τρόπο διεμορφώνεται σε εξειδικευμένο αντίσωμα του αντιγόνου που είχε καταστεί ο εντυπωτής. Μια εναλλακτική υπόθεση διετυπώθη το 1949 από τον Sir F. MacFarlane Burnet και τον Frank Fenner. Πρόκειται για την κλωνική θεωρία της ανοσοποίησης. Δεν πρόκειται για μια διδακτική θεωρία αλλά για μια επιλεκτική. Τα μόρια αντισωμάτων είναι προϊόντα συνθέσεως γονιδίων και δεν δομούνται ή κατασκευάζονται από τα εισβάλ-

λονται μόρια αντιγόνων. Μέσα από έναν τεράστιο αριθμό διαφορετικών μορίων αντισωμάτων, τα οποία ο οργανισμός έχει στη διαθεσή του, εκείνο επιλέγεται και συνθέτεται μαζικά που παρουσιάζει μια εξειδίκευση για το εισβάλλον αντιγόνο. Σε αυτόν τον επιλεκτικό μηχανισμό το αντιγόνο διαδραματίζει το ρόλο του υποκινητού, του πυροδοτικού μηχανισμού, δηλαδή του επιλεκτικού παράγοντα. Ο οργανισμός διαθέτει έναν πολύ μεγάλο αριθμό κυττάρων, κάθε ένα ανήκει σε διαφορετικό κλώνο, δηλαδή έχει τη δυνατότητα παραγωγής διαφορετικού τύπου αντισώματος. Η έλεση ενός συγκεκριμένου αντιγόνου επάγει τον πολλαπλασιασμό εκείνων των κυττάρων που ανήκουν στον αντίστοιχο κλώνο. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μια μαζική παραγωγή εξειδικευμένου αντισώματος. Πώς όμως παράγεται αυτή η τεράστια γκάμα κλώνων; Τα αντισώματα είναι πολύπλοκα μόρια, αποτελούνται από συνδυασμό διαφόρων πρωτεϊνών που κωδικοποιούνται από διαφορετικά γονίδια. Μερικές από αυτές τις πρωτεΐνες έχουν περιοχές με ύψιστο βαθμό ποικιλίας μορφών, είναι οι υπερποικίλες περιοχές. Η υπερποικιλομορφία παράγεται από ένα σύνολο διαφορετικών διεργασιών. Κατά πρώτον μια ποικιλία μορφών των αντισωμάτων οφείλεται στη δυνατότητα εναλλακτικών συνδυασμών των διαφόρων τύπων μορίων που αποτελούν το αντίσωμα. Μια δεύτερη αιτία είναι το μάτισμα τμημάτων DNA που κωδικοποιούν μια συγκεκριμένη πρωτεΐνη. Αυτή η πρωτεΐνη κωδικοποιείται από μη συνεχόμενα τμήματα DNA και κατά το μηχανισμό της πρωτεϊνοσύνθεσης αποκόπονται τα ενδιάμεσα "σιωπηλά" τμήματα και συνενώνονται με ένα μάτισμα εκείνα που κωδικοποιούν ώστε να υπάρχει μια ενιαία κωδικοποιούσα αλληλουχία. Το μάτισμα αυτό δεν γίνεται κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο, δηλαδή δεν ενώνονται τα δύο κομμάτια στις ίδιες ακριβώς θέσεις. Αυτό προκαλεί μια ποικιλία τύπων και ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται διαφορές στη συνένωση (junctional diversity). Μια τρίτη αιτία είναι η προσθήκη βάσεων στο τέλος της κωδικής περιοχής του γονιδίου, τέλος μια τέταρτη αιτία είναι ένας ιδιαίτερα αυξημένος ρυθμός μεταλλαγών αυτών των περιοχών των γονιδίων (υπερμεταλλαγή) που παρατηρείται σε μια ορισμένη χρονική περίοδο της ανάπτυξης του οργανισμού. Όλες αυτές οι αιτίες γεννούν μια τεράστια ποικιλία αντισωμάτων. Υπολογίζεται θεωρητικά ότι μπορεί να παραχθούν έτσι 270.000.000 διαφορετικοί κλώνοι κυττάρων, καθένας από τους οποίους είναι ικανός να παραγάγει διαφορετικό τύπο αντισώματος. Μια τυχαία ποικιλομορφία κλώνων συνδυαζόμενη με ένα μηχανισμό επιλογής, ιδού ένας καθαρά νεοδαρβινικός μηχανισμός. Η κλωνική θεωρία στην ανοσολογία πέρασε με επιτυχία όλες τις πειραματικές δοκιμασίες και αποτελεί τώρα τη μόνη αποδεκτή θεωρία σε αυτόν τον τομέα.

Η οικολογία πρέπει να θεωρηθεί ως η "πίσω αυλή", ένα τμήμα του ζωτικού χώρου της εξελικτικής βιολογίας. Πρόκειται για τη μελέτη των σχέσεων των ζωντανών οργανισμών με το περιβάλλον τους. Η σχέση αυτή φανερώνει συν τοις άλλοις τις πολυάριθμες προκλήσεις που παρουσιάζει και τα προβλήματα που θέτει το περιβάλλον στον οργανισμό, προκλήσεις και προβλήματα τα οποία χρειάζονται απάντηση από μέρους του, απάντηση που προέρχεται από τη δράση της φυσικής επιλογής. Δεν θά 'πρεπε λοιπόν να θεωρείται μια καινοτομία η εφαρμογή του νεοδαρβινισμού στην οικολογία. Πολλοί δαρβινιστές, από τα αρχικά στάδια του νεοδαρβινισμού, προ ή και κατά την περίοδο του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, προσέφεραν σημαντικές συμβολές στην οικολογία. Ας θυμηθούμε μερικούς από αυτούς. Πρώτα το ρώσο G.F. Gause με το βιβλίο του Ο Αγών περί Υπάρξεως (αγγλική έκδοση το 1934), τον αμερικανό A.J. Nicholson (1895-1969) και τις απόψεις του για τη ρύθμιση του μεγέθους του πληθυσμού από πυκνοεξαρτώμενες μεταβλητές (density dependent factors), τον άγγλο David Lack και τη μελέτη του για τους σπίνους του Δαρβίνου στα νησιά Galapagos. Ακόμα και ο Charles Birch (που μαζί με

τον H.G. Andrewartha συνέγραψαν το μνημειώδες βιβλίο Η Κατανομή και Αφθονία των Ζώων, *The Distribution and Abundance of Animals*, 1954, που θεωρείται ότι ξεφεύγει από το Δαρβινισμό και δίδει έμφαση στον παράγοντα τύχη, αφού μη πυκνοεξαρτώμενοι παράγοντες επιφέρουν απότομες ολικές σχεδόν καταστροφές στον πληθυσμό, καταστροφές από τις οποίες τυχαία –και όχι επιλεκτικά– λίγα άτομα διασώζονται και διαφεύγουν για να εγκαθιδρύσουν αλλού μια νέα αποικία), αυτός λοιπόν ο L.C. Birch υπήρξε αν όχι μαθητής πάντως συνεργάτης του Th. Dobzhansky και έχει δημοσιεύσει δαρβινικής εμπνεύσεως πληθυσμιακές μελέτες. Έτσι δεν πρέπει να εκπλησοσόμεθα από την παρουσία μιας δαρβινικής επίδρασης στην οικολογία. Αυτές όμως όλες οι συμβολές δεν δημιουργούσαν μια νέα “προβληματική”, δεν άνοιγαν νέους ερευνητικούς ορίζοντες. Πολλοί ιστορικοί της οικολογίας υποστηρίζουν την άποψη ότι η πραγματική δαρβινική εισβολή στην οικολογία πραγματοποιήθηκε με τη διατύπωση των υποδειγμάτων r- και K-επιλογής. Τούτο χρονολογείται στη δεκαετία του '60. Μια ομάδα νέων, επιθετικών και λαμπρών εξελικτικών βιολόγων, που απαρτιζόταν από τους Robert MacArthur, Richard Lewontin, Richard Levins και Leigh Van Valen αποφάσισε να ανανεώσει αυτήν τη γνωστική περιοχή με την εισαγωγή ποσοτικών υποδειγμάτων. Ο E.O. Wilson υπήρξε περιφερειακό μέλος της ομάδας. Ορισμένα μέλη της ομάδας χρησιμοποίησαν για ψευδώνυμο το όνομα ενός ανύπαρκτου επιστήμονα, του Isador Nabi, ενός δήθεν βιολόγου από τη Βενεζουέλα και μάλιστα από το Πανεπιστήμιο Cochabamba! Δεν είναι πρώτη φορά που μια ομάδα επιστημόνων χρησιμοποιεί ως ψευδώνυμο το όνομα ενός άλλου πραγματικού ή φανταστικού προσώπου και κάνει αστεία με κάτι τέτοιο! Η περίπτωση των γάλλων μαθηματικών που καλύπτονται με το όνομα Nicholas Bourbaki είναι πολύ γνωστή. Χρησιμοποίησαν το όνομα του δρόμου στον οποίο ορισμένοι από αυτούς έμεναν, δρόμο ονομασθέντα προς τιμήν του Bourbaki, του ελληνικής καταγωγής στρατηγού του Ναπολέοντα Γ'. Όταν αργότερα δύο μέλη της ομάδας των Nabi, οι Lewontin και Levins, το 1981, προέβησαν σε μια αρνητική κριτική των απόψεων του E.O. Wilson για την Κοινωνιοβιολογία, από των σελών του περιοδικού *Nature*, την υπέγραψαν με το όνομα Nabi. Αλλά ας ακολουθήσουμε χρονολογικά την ιστορία.

Τα υποδείγματα r και K επιλογής, που πρότειναν οι R. MacArthur και E.O. Wilson, και τα οποία είχαν διείδει ο R. Lewontin στη μελέτη του για τη γενετική της ικανότητας αποικισμού, συνδυάζουν κατά μη κοινότοπο τρόπο τρεις μέχρι τότε λίγο-πολύ διάκριτες γνωστικές περιοχές: τη δημογραφία, την οικολογία και την εξελικτική. Όταν ένας πληθυσμός αρχίζει να αυξάνεται και το περιβάλλον είναι άδειο, δεν υπάρχουν δηλαδή ανταγωνιστικά άτομα από το ίδιο είδος, όταν δηλαδή υπάρχει αφθονία αγαθών –πρακτικά άπειρη ποσότητα από αυτά– τότε η αύξηση του πληθυσμού ακολουθεί μιαν εκθετική καμπύλη. Ο ενδογενής ρυθμός ανάπτυξης (the innate rate for increase), που συμβολίζεται με r, είναι η σταθερά που χαρακτηρίζει αυτήν την αύξηση, ο εκθέτης στην καμπύλη αύξησης.

[Για όσους δεν φοβούνται τα μαθηματικά σύμβολα η εξίσωση της αύξησης του πληθυσμού είναι:

$$\frac{dN}{dt} = rN \quad \text{δηλαδή } N_t = e^{rt} N_0$$

όπου N το μέγεθος του πληθυσμού, N_0 το αρχικό και N_t το μέγεθος σε χρόνο t και e η βάση των φυσικών λογαρίθμων].

Όταν πάλι ο πληθυσμός φθάνει στα όρια της αύξησής του γιατί το περιβάλλον κορέσθηκε από τα άτομα αυτού του πληθυσμού, μπορεί δηλαδή μόνο να φέρει K άτομα, το K όντας η φέρουσα ικανότητα του ή βιοχωρητικότητα του (carrying capacity), τότε η καμπύλη αύξησης προ πολλού παύει να είναι εκθετική: η εκθετική αύξηση αντισταθμίζεται από την περιορισμένη ποσότητα αγαθών και η αύξηση ακολουθεί τη μορφή μιας σιγμοειδούς ή λογιστικής καμπύλης, η οποία φθάνει ασυμπτωματικά σε μια ανώτατη στάθμη K .

(Για όσους πάλι δεν φοβούνται τα μαθηματικά σύμβολα η σιγμοειδής ή λογιστική καμπύλη χαρακτηρίζεται από την εξίσωση:

$$\frac{dN}{dt} = rN(K-N)/K$$

Η επιλογή δρα διαφορετικά στις δυο αυτές εκ διαμέτρου αντίθετες συνθήκες. Ο Ρianka κατέγραψε πολλά χαρακτηριστικά που διαφέρουν στις δυο περιπτώσεις.

Πίνακας 2	
r - στρατηγική	K - στρατηγική
r - επιλογή	K - επιλογή
αγαθά άφθονα, απεριόριστα, αποίκιση νέου ακατοίκπτου χώρου	χώρος περιορισμένος, κορεσμένος
- γρήγορη, απότομη ανάπτυξη	- αργή ανάπτυξη
- γρήγορη αναπαραγωγή	- ισχυρή ανταγωνιστικότητα
- μικρό μέγεθος σώματος	- καθυστέρηση της αναπαραγωγής
- βραχυβιότητα	- μεγαλύτερη ικανότητα στην αξιοποίηση των πόρων

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά. Στην r - επιλογή παρουσιάζεται μια επιλογή για γρήγορη ανάπτυξη, γρήγορη αναπαραγωγή, βραχυβιότητα ενώ στην K -επιλογή παρατηρείται μια τάση για αργότερη ανάπτυξη, καθυστέρηση της αναπαραγωγής, μεγαλύτερη ανταγωνιστική ικανότητα και αποτελεσματικότητα στην αξιοποίηση της τροφής και άλλων αγαθών ή πόρων. Η οικολογία μεταμορφώθηκε με τα υποδείγματα r και K επιλογής. Όλη η επακόλουθη ιστορία αυτού του κλάδου μέχρι σήμερα, συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών του βιολογικού κύκλου (life strategies) και συναφών ερευνητικών προγραμμάτων, δεν μπορεί να κατανοηθεί αν δεν γίνει επίκληση των μοντέλων r και K επιλογής ή αν θεωρηθεί ότι προέρχονται από αυτά. Ας σημειώσω μερικούς χρονικούς σταθμούς:

1967: r και K επιλογή από τους MacArthur και Wilson. ,

1968: Μοντέλα bet-hedging (στοιχήματος-ασφάλειας).

1970: Κατάλογος του Pianka.

1974: - Στρατηγική βιολογικού κύκλου

- Μοντέλα habitat templet (ενδιατήματος).

Τελειώνοντας την αναφορά μου στην οικολογία θέλω να προσθέσω ότι το θέμα αυτό έχει μελετηθεί και από έλληνες επιστήμονες. Επισημαίνω τη διδακτορική διατριβή του Κ. Κορφιάνη “Οικολογικές θεωρίες στρατηγικού βιολογικού κύκλου: μεθοδολογική προσέγγιση” (1994) καθώς και τα άρθρα του Γ. Στάμου και Κ. Κορφιάνη σε διεθνή και ελληνικά περιοδικά.

Αφήνοντας την καθαρή οικολογία θα στραφούμε προς την οικολογία της συμπεριφοράς (behaviour ecology) και στην εφαρμογή της θεωρίας των παιγνίων στις στρατηγικές συμπεριφοράς. Πρόκειται για τομέα που αναπτύσσεται ιδιαίτερα γρήγορα, στον οποίο η δαρβινική επιλογή διαδραμάτισε συγκροτητικό αλλά και προωθητικό ρόλο. Οι βέλτιστοι τρόποι συμπεριφοράς, και ειδικότερα οι μακράς διάρκειας, μακράς νοούμενης στον εξελικτικό χρόνο, δηλαδή οι γνωστές Εξελικτικά Σταθερές Στρατηγικές (ESS, Evolutionary Stable Strategies) υπήρξαν έννοιες και θεωρητικές επινοήσεις ιδιαίτερα γόνιμες με ευρηκτική αξία. Ένας άγγλος μαθητής του J.B.S. Haldane πρωτοστάτησε σε αυτόν τον τομέα, ο John Maynard Smith.

Προηγήθηκαν αρκετά των μελετών του Maynard Smith οι εργασίες ενός μελετητή της ψυχολογίας ζώων στο γύρισμα του αιώνα, του Edward Thorndike. Ο Thorndike τοποθέτησε μια γάτα σε ένα κλουβί από την οροφή του οποίου κρεμόταν ένα σκοινί. Ένα απότομο τράβηγμα του ελευθέρωνε την πόρτα του κουτιού και επέτρεπε στη γάτα να βγει έξω από αυτό. Η γάτα, στην προσπάθεια της να φύγει από το κουτί έκανε διάφορες τυχαίες κινήσεις. Άπαξ τυχαίως τραβούσε το σκοινί, η πόρτα άνοιγε και το ζώο εγκατέλειπε το κλουβί. Την επόμενη φορά που η γάτα φυλακίζόταν στο κλουβί χρειαζόταν μικρότερο χρόνο για να τραβήξει το σκοινί. Πρόκειται για μια τυπική διεργασία δοκιμής και απόρριψης (trial and error): δοκιμάζεται ένα πλήθος τυχαίων απαντήσεων (κινήσεων), απορρίπτονται οι αναποτελεσματικές και συγκρατείται (επιλέγεται) μόνον η επιτυχής. Κατά τον Thorndike αλλά και άλλους ψυχολόγους αυτός είναι ο βασικός μηχανισμός επίλυσης προβλημάτων τόσο στα ζώα όσο και στον άνθρωπο. Στον βασικό αυτό μηχανισμό στον άνθρωπο επιπροστίθεται κι ένας άλλος, η κτηθείσα εμπειρία επίλυσεως παρόμοιων προβλημάτων στο παρελθόν. Αυτός ο βασικός μηχανισμός δοκιμής και απόρριψης υπενθυμίζει έντονα το νεοδαρβινικό: μια τυχαία παραχθείσα ποικιλομορφία (ένα τυχαίο σύνολο απαντήσεων) υπόκειται στην απόρριψη των λανθασμένων, δηλαδή στην αποκαθαριστική επιλογή, την επιλογή κατά των δυσμενών για τον οργανισμό παραλλαγών. Σε αυτήν την περίπτωση δεν παρατηρούμε τον πολλαπλασιασμό των επιλεγεισών παραλλαγών αλλά τη συγκράτηση εκείνων των απαντήσεων που οδηγούν σε ένα θετικό αποτέλεσμα. Εδώ σταματά και η αναλογία.

Ο Νευρωνικός Δαρβινισμός του Gerald Edelman βρίσκεται κοντά στο σχήμα του Thorndike. Ο Edelman προτείνει μια Θεωρία Επιλογής Ομάδων Νευρώνων (Theory of Neural Group Selection, T. N.G.S.). Για να γίνει καλλίτερα κατανοητή θα προσφύγω σε μια παρατήρηση του γάλλου νευροφυσιολόγου Jean-Pierre Changeux, ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος μοιάζει με ένα μαρμάρινο άγαλμα. Πώς φτιάχνει ο γλύπτης ένα τέτοιο άγαλμα; Αφαιρώντας μεγαλύτερα ή μικρότερα κομμάτια μάρμαρου από έναν αρχικό όγκο μαρμάρου, γλύφοντας επιφάνειες ώστε το εναπομένον τμήμα να λάβει την επιθυμητή μορφή. Υπάρχει αρχικά στον εγκέφαλο η δυνατότητα πολυαριθμίων συνδέσεων μεταξύ των νευρικών κυττάρων, (των νευρώνων του) δηλαδή πολυαριθμίων συνάψεων. Ο εγκέφαλος του ωρίμου ανθρώπου περιέχει έναν μικρό μόνο αριθμό συνάψεων, εκείνων μόνον που είναι λειτουργικά αναγκαίες. Οι συνά-

φεις μεταξύ νευρώνων ισχυροποιούνται με τη συνεχή χρήση τους, ενώ αν δεν χρησιμοποιούνται, τότε τα κύτταρα αποσυνδέονται και τα δίκτυα νευρώνων αποδομούνται, αποδιοργανώνονται. Ο Edelman θεωρεί τρία διαφορετικά στάδια εγκαταστάσεως νευρωνικών συνδέσεων. Αρχικά την εγκατάσταση ενός πρωτογενούς συνόλου συνάψεων-δικτύων, ενός πρωταρχικού ρεπερτορίου κατά την ανάπτυξη. Πρόκειται για μια αναπτυξιακή επιλογή. Στη διαμόρφωση αυτού του ρεπερτορίου σημαντικό ρόλο παίζουν η έλξη και αύξηση των κυττάρων προς ορισμένο μέρος όπου εκκρίνεται μια χημική ένωση (χημειοτακτισμός). Πρόκειται για ορισμένες χημικές ενώσεις η παρουσία των οποίων επιτρέπει την κυτταρική επαφή και πρόσδεση (C.A.M: cellular adhesion molecules και S.A.M: substrate adhesion molecules). Στη διαμόρφωση του πρωτογενούς αυτού ρεπερτορίου παίζουν ρόλο και αυξητικοί παράγοντες και ο επιλεκτικός θάνατος των κυττάρων. Σε δεύτερη φάση οι εμπειρίες επιτρέπουν μια δευτερογενή επιλογή. Πρόκειται γι' αυτή για την οποία έχω μιλήσει στην αρχή της παραγράφου. Τέλος, σε ένα ανώτερο επίπεδο πολυπλοκότητας παρατηρούμε το σχηματισμό ομάδων νευρώνων που διασυνδέονται, αυτό που ο Edelman ονομάζει χάρτες (maps). Οι χάρτες αυτοί επικοινωνούν μεταξύ τους. Η επικοινωνία μεταξύ χαρτών ισχυροποιείται από εισόδους και επανεισόδους νευρικών ερεθισμάτων. Έτσι οι μεταξύ χαρτών συνδέσεις οργανώνονται σε μια δομή. Αλλά ο βασικός μηχανισμός παραμένει ο ίδιος: μια επανειλημμένη διέγερση, η κατ' επανάληψη λειτουργία μιας συνδέσεως οδηγεί στην ισχυροποίησή της ενώ η αχρησία στην εξασθένησή της και τελικά στην απώλειά της. Αυτός ο μηχανισμός είναι δαρβινικός σύμφωνα και με τις απόψεις του Edelman. Σε μιαν αρχική πληθώρα συνδέσεων, σε μια αρχική σχεδόν απειρία δυνατοτήτων, μια επιλογή εφαρμόζεται έτσι ώστε πάμπολλες από αυτές τις συνδέσεις να καταστρέφονται ενώ λίγες να συγκρατούνται και να ισχυροποιούνται. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να μην παρατηρούμε τον πολλαπλασιασμό μιας οντότητας, όμως γινόμαστε μάρτυρες μιας ισχυροποίησής της. Για τον Edelman η εντατικοποίηση ή ισχυροποίηση είναι ισοδύναμη με τον πολλαπλασιασμό. Γι' αυτό το λόγο ο μηχανισμός είναι νεοδαρβινικός και αναγνωρίζοντάς το τον ονομάζει Νευρωτικό Δαρβινισμό (Neural Darwinism).

Και τώρα φθάνομε στις πιο αμφισβητούμενες περιπτώσεις της δαρβινικής επέκτασης. Ως εισαγωγή στο θέμα θα χρησιμοποιήσω την απάντηση του J.B.S. Haldane όταν ρωτήθηκε αν ήταν πρόθυμος να θυσιάσει τη ζωή του για τη Βασίλισσα της Αγγλίας: "Για τη Βασίλισσα όχι, αλλά θα το σκεφτόμουν, να θυσιάσω τη ζωή μου, αν επρόκειτο να σώσω δυο αδέρφια μου ή τέσσερα πρώτα εξαδέλφια μου". Μαζί με την αντιβασιλική-αντιεθνικιστική έκφραση των απόψεών του ο Haldane υπαινίσσεται και κάτι άλλο: έναν διαφορετικό τρόπο πολλαπλασιασμού (ή διασώσεως στην επόμενη γενεά) των γενετικών μας καταβολών. Καθε αδελφός μας έχει με μας κοινό το 50% των γονιδίων μας, κάθε πρώτος εξαδελφός μας το 25%. Έτσι τέσσερις πρώτοι εξαδελφοί (ή δύο αδελφοί) στατιστικά αντιπροσωπεύουν το σύνολο των γονιδίων μας. Από την άποψη της επιβίωσης των γονιδίων τέσσερις πρώτοι εξαδελφοί μας ισοδυναμούν με τον εαυτό μας. Υπάρχουν δυο διαφορετικοί τρόποι αύξησης της συχνότητας των γονιδίων μας στην επόμενη γενιά. Ο πρώτος είναι να αφήσουμε παιδιά, ο άλλος να φροντίσουμε και να προστατεύσουμε, ώστε να επιβιώσουν, άτομα που έχουν παρόμοια γενετική σύσταση με εμάς. Πρώτος, το 1964, ο William Hamilton επρότεινε την έννοια της περικλείουσας fitness (inclusive fitness) για να εξηγήσει την αλτρουϊστική συμπεριφορά. Αυτό το είδος της συμπεριφοράς παρέμενε μέχρι τότε ένα μυστήριο για τους δαρβινιστές. Πώς ήταν δυνατόν να είναι προϊόν της εξέλιξης μια συμπεριφορά ή ένα χαρακτηριστικό εάν από αυτά κάποιο άλλο άτομο ευνοείται εις βάρος εκείνου που φέρει αυτό το χαρακτηριστικό

ή επιδεικνύει αυτή τη συμπεριφορά; Ο Hamilton επεσήμανε ότι οι αλτρουϊστικές πράξεις, εκείνες που θέτουν σε κίνδυνο το άτομο, ερμηνεύονται και μπορούν να προέρχονται εξελικτικά και να εγκαθίσταται στον πληθυσμό με τη φυσική επιλογή αν το κέρδος σε γονίδια είναι μεγαλύτερο από το χασιμο τους. Η σχέση, r , μεταξύ του εκτελούντος την αλτρουϊστική πράξη και του αποδέκτη της (σχέση που εκφράζεται με το ποσοστό των κοινών γονιδίων που συμμερίζονται) πολλαπλασιάζεται με την ωφέλεια του αποδέκτη μετρά τη συνολική ποσότητα γονιδίων που κερδίζεται. Η ωφέλεια μετριέται σε αύξηση επιβίωσης, αναπαραγωγής, στην τεχνική γλώσσα σε αύξηση της fitness [μέτρηση της αναπαραγωγικής επιτυχίας: είναι ίση με το μέσο αριθμό επαρκώς όμοιων με το άτομο παιδιών του, και μάλιστα καταμετρούμενων στο στάδιο του γονιμοποιημένου ωαρίου]. Αυτό το κέρδος σε γονίδια πρέπει να υπερέχει ή να είναι τουλάχιστον ίσο με την απώλεια γονιδίων του ατόμου που προβαίνει στην αλτρουϊστική πράξη. Οι εργάτριες, στις μέλισσες, συνεισφέρουν πιο πολύ στον πολλαπλασιασμό των γονιδίων τους με το να ανατρέφουν τις αδελφές τους στην κυψέλη (τις εργάτριες και βασίλισσες που γεννά η βασίλισσα) παρά κάνοντας παιδιά. Είναι όντως στείρες. Και τούτο γιατί με τα παιδιά τους θα είχαν μόνο 50% κοινά γονίδια (τα άλλα 50% προέρχονται από τον πατέρα) ενώ με τις αδελφές τους έχουν 75% των γονιδίων κοινά! Τούτο οφείλεται στις ιδιομορφίες της αναπαραγωγής στις μέλισσες. Τα αρσενικά, οι κηφήνες, προέρχονται από αγονιμοποίητα ωάρια της βασίλισσας (τα αρσενικά είναι, απλοειδή, έχουν ένα μόνο αντίτυπο γονιδίου από κάθε τύπο γονιδίου) ενώ τα θηλυκά προέρχονται από γονιμοποιημένα ωάρια. Τα αρσενικά έχουν ένα μόνο σύνολο (ένα set) γονιδίων το κληρονομούν αυτούσιο σε όλα τα θηλυκά παιδιά τους. Μια και η βασίλισσα γονιμοποιείται από ένα μόνο αρσενικό, όλα τα θηλυκά έχουν τον ίδιο πατέρα και ως εκ τούτου έχουν 50% των γονιδίων τους κοινά, ως προερχόμενα από τον κοινό τους πατέρα. Επιπλέον όμως, έχοντας την ίδια μάνα, έχουν τα μισά των άλλων 50% των γονιδίων τους κοινά, δηλαδή άλλα 25%. Στο σύνολο 75% κοινά γονίδια. Αντίθετα οι μπότερες με τις κόρες τους έχουν μόνο 50% κοινά γονίδια (τα άλλα 50% προέρχονται από τον πατέρα). Είναι λοιπόν για τις εργάτριες επωφελέστερο από αυτήν την άποψη να φροντίζουν τις αδελφές τους παρά να ανατρέφουν τα ίδια τους τα παιδιά.

Η απόσταση είναι μικρή μεταξύ αυτής της ερμηνείας της αλτρουϊστικής συμπεριφοράς και της αντίληψης ότι εκείνο που πραγματικά προέχει είναι ο πολλαπλασιασμός των γονιδίων, ο πολλαπλασιασμός αυτών που αποκαλέσθηκαν replicators (αναπαραγωγείς) σε αντίθεση με τα οχήματα (vehicles) που φέρουν αυτούς τους αναπαραγωγείς, δηλαδή τα βιολογικά άτομα, τους φαινοτύπους των ατόμων αυτών. Πρόκειται για ένα βήμα που μπορεί εύκολα να διανυθεί: βήμα μετάβασης από την αλτρουϊστική ερμηνεία του Hamilton στην εικόνα του εγωιστικού γονιδίου του Dawkins. Αλλά μπορεί εδώ να προστεθεί και κάτι επιπλέον. Σκεπτόμενοι σε αυτή την κατεύθυνση μπορούμε να επικαλεσθούμε, την ύπαρξη επιλογής μεταξύ ομάδων, που αποτελούνται από συγγενή άτομα, να επικαλεσθούμε την επιλογή συγγενών (kin selection) ή ακόμη την επιλογή γενικώς μεταξύ ομάδων. Αυτές οι ομάδες επιβιώνουν που περικλείουν στους κόλπους των άτομα με αλτρουϊστική συμπεριφορά, ακόμα και αν αυτή η συμπεριφορά δεν ευνοεί καθ' οιονδήποτε τρόπο συγγενή τους άτομα.

Η μεταξύ ομάδων επιλογή (group selection) αποτελεί έναν πολυέξοδο μηχανισμό (σε ζώες ατόμων) η ύπαρξη του οποίου και παρουσία έχουν σοβαρά αμφισβητηθεί. Αυτός όμως, μαζί με μερικούς άλλους μηχανισμούς μπορεί να εξηγήσει την παρουσία χαρακτηριστικών που είναι αναγκαία για τη δια-

μόρφωση και τη διατήρηση των κοινωνικών δομών, και γενικότερα των κοινωνιών. Το 1975 ο Ε.Ο. Wilson δημοσίευσε την Κοινωνιοβιολογία του (Sociobiology), ένα βιβλίο του οποίου λόγος υπάρξεως ήταν το άνοιγμα ενός νέου πεδίου δαρβινικών μελετών, δηλαδή των βιολογικών και γενετικών βάσεων της διαμόρφωσης των κοινωνιών. Το μεγαλύτερο τμήμα του βιβλίου μελετά τις κοινωνίες των ζώων, δηλαδή εντόμων, θηλαστικών και άλλων πλν του ανθρώπου. Αυτό το μέρος του βιβλίου, όσον τουλάχιστον γνωρίζω, δεν διαμφισβητήθηκε. Ο Wilson άλλωστε παρουσίασε παρόμοιες και συμπληρωματικές απόψεις και σε δύο άλλα βιβλία του που αναφέρονται στις κοινωνίες και στις κάστες των εντόμων. Αλλά η Κοινωνιοβιολογία ήταν κάτι παραπάνω. Μια προσπάθεια βιολογικής ερμηνείας των ανθρωπίνων κοινωνιών. Τα χαρακτηριστικά των κοινωνιών θεωρήθηκε ότι είχαν μια βιολογική βάση και ότι προήρχοντο, μερικά τουλάχιστον, από τη δράση της φυσικής επιλογής κατά το μακρύτατο χρονικό διάστημα, που ο άνθρωπος ζούσε σε μικρές ομάδες ως κυνηγός και συλλέκτης. Κατά τον Wilson είναι πολυάριθμα τα χαρακτηριστικά που εγκαταστάθηκαν χάρις στη δράση της φυσικής επιλογής και που αναφέρονται στην κοινωνική συμπεριφορά και στις μεταξύ απόμων αλληλεπιδράσεις. Έχω καταλογογραφήσει παρακάτω τα περισσότερα από αυτά:

- εντατικοποίηση της εμμένου ρύσεως
- εξωστρεφής ή ενδοστρεφής τύπος
- ιδιοσυγκρασία, ταμπεραμέντο
- ύπαρξη κινήτρων/αθλητική δραστηριότητα
- νευρωτισμός
- κυριαρχικότητα
- κατάθλιψη
- τάση προς ψυχικές ασθένειες
- επιθετικό κυριαρχικό κοινωνικό σύστημα
- κλιμάκωση της έντασης κατά την απάντηση σε επιθέσεις
- έντονη και παρατεταμένη μητρική φροντίδα
- μητροκλινής κοινωνική οργάνωση
- απαγόρευση (taboo) αιμομειξίας
- σχηματισμός ομάδων από 10 ως 100 ώριμα άτομα
- εκφράσεις στο πρόσωπο
- υπεργαμία (η τάση οι γυναίκες να παντρεύονται άνδρες ανωτέρας κοινωνικής τάξεως)
- κινητική συμπεριφορά/δραστηριότητα των νεογνών
- μεγαλύτερο μέγεθος των αρρένων από τα θήλεα (πράγμα που δημιουργεί μια αντιστοιχία ενός αρρένος προς ένα έως τρία θηλυκά άτομα αν ληφθούν υπ' όψιν ανάλογα μεγέθη και αναλογίες φύλων σε "οικογένειες" άλλων θηλαστικών)
- ομοφυλοφιλία (οι ομοφυλόφιλοι είναι "βοηθοί", στερούνται τέκνων και για να βοηθήσουν την ανατροφή των τέκνων των αδελφών τους)
- ικανότητα στον έναρθρο λόγο σε σύγκριση με ικανότητα στην κατασκευή (άλλοι έχουν την πρώτη και άλλοι τη δεύτερη ικανότητα εντονότερη) κ.ο.κ.

Είναι παλιά η προσπάθεια ερμηνείας της κοινωνίας με βιολογικούς μηχανισμούς. Ο γάλλος κοινωνιολόγος Emile Durkheim (1859-1913) ήταν αντίθετος προς αυτήν, η οποία στον καιρό του ήταν η

κυρίαρχη άποψη. Έκτοτε, μετά τον Durkheim, τα κοινωνικά φαινόμενα θεωρήθηκαν ότι είχαν μια αυτόνομη ύπαρξη και έγινε ευρύτατα δεκτό ότι δεν μπορούν απλά να αναχθούν στα βιολογικά χαρακτηριστικά των ατόμων που αποτελούν μια κοινωνία. Από την άλλη μεριά κάθε προσπάθεια βιολογικής εξήγησης μπορεί εύκολα να παρερμηνευθεί. Μπορεί δηλαδή, σύμφωνα με όσους ασκούν αυτήν την κριτική, χρησιμοποιώντας το γόπτρο της επιστήμης, να δικαιολογήσουν αντιδραστικές και απάνθρωπες απόψεις και να τις νομιμοποιήσουν. Δεν πρέπει επίσης να ξεχνάμε το πνεύμα της δεκαετίας του '70 στις Η.Π.Α. Ο καταστροφικός πόλεμος του Βιετνάμ αποτελούσε μια χαίνουσα πληγή. Δυο από τους οξύτερους κριτικούς της Κοινωνιοβιολογίας ήταν μέλη της ομάδας των Nabi, που εξεστράτευαν εναντίον του πολέμου, του Βιετνάμ, οι Dick Levins και Dick Lewontin. Ένωσε μαζί τους τη φωνή του και ο Steve Gould καθώς και αρκετοί άλλοι νεαροί επιστήμονες του Πανεπιστημίου Harvard. Η αντιπαράθεση μερικά μόνο ήταν επιστημονική, ένα σημαντικό τμήμα της ήταν ιδεολογικής και πολιτικής φύσεως. Ο Lewontin υπεστήριξε ότι ο βιολογικός νετερμινισμός είναι μια μορφή ιδεολογίας και ένα κακέκτυπο επιστήμης. Μπορεί αυτό να είναι σωστό. Προσωπικά δεν νοιώθω τόσο απομακρυσμένος από αυτό το θέμα ή συναισθηματικά ουδέτερος σε αυτό το ζήτημα για να προβώ σε μια ψύχραιμη κριτική αντιμετώπιση. Είμαι γοητευμένος από το πνευματικό θάρρος αυτού του εγχειρήματος και από το επιστημονικό του ενδιαφέρον παρόλον ότι πολλά από τα αρχικά γενετικά επιχειρήματα του Wilson, στην αρχή, τουλάχιστον, ήταν χονδροειδή. Από την άλλη μεριά έχω πλήρη συνείδηση των δυνατών επιπτώσεων που μπορεί να έχουν τέτοιες απόψεις σε κοινωνίες δογματικές και πουριτανικές, σε χρόνους έξαρσης του εθνικισμού και του θρησκοκετισμού. Είναι αξιοπρόσεκτο ότι πολλά από τα επιχειρήματα που παρουσιάστηκαν δεν ήσαν επιστημονικά ούτε και υπήρχαν δεδομένα που να στηρίζουν ή να καταρρίπτουν τα υποστηριζόμενα από την Κοινωνιοβιολογία.

Το άλλο πεδίο που σχετίζεται με την Κοινωνιοβιολογία είναι η ηθική, το φαινόμενο δηλαδή, παγκόσμιο στους ανθρώπους, να ξεχωρίζουν το καλό από το κακό, να τα αναγνωρίζουν, και να έχουν εσωτερικές ηθικές προσαγές. Αυτό δεν σημαίνει ότι όλοι οι άνθρωποι συμμερίζονται τον ίδιο ακριβώς τύπο προσαγών αν και μεγάλο μέρος τους φαίνεται να είναι κοινό. Ο C.H. Waddington, ένας σημαντικός βρετανός εξελικτικός και εμβρυολόγος, σε ένα σύντομο αλλά αξιόλογο βιβλίο του *The Ethical Animal* (1960, Το Ηθικόν Ζώον) υπεστήριξε την άποψη ότι τα παιδιά, σε νεαρή ηλικία, είναι αποδέκτες αυθεντίας. Τούτο, σύμφωνα με την άποψή του, είναι λειτουργικά σημαντικό και ευνοεί τη διάπλαση της ικανότητας μάθησης, ως εκ τούτου κατά Waddington αποτελεί προϊόν της δράσεως της φυσικής επιλογής. Η ικανότητα της διαμόρφωσης ενός παιδιού σε μια ηθική προσωπικότητα βασίζεται σε αυτό, στο ότι το παιδί είναι αποδέκτης αυθεντίας. Ο Wilson βέβαια είναι πρόθυμος να ερμηνεύσει την παρουσία της ηθικής με δαρβινικό τρόπο. Όμως ο Michael Ruse στο βιβλίο του *Παίρνοντας τον Darwin στα σοβαρά* (*Taking Darwin Seriously*, 1986) είναι εκείνος που διετύπωσε την πιο πειστική επιχειρηματολογία. Μια δαρβινική προέλευση της ηθικής φαίνεται, από την πλευρά του φιλοσόφου, να λύνει με φυσιοκρατικό τρόπο μερικά αιώνια προβλήματα. Πρόκειται για μια καλλίτερη λύση από εκείνην που προτείνει ο ωφελισμός ή μια Καντιανή κατηγορική προσαγή. Εάν έχουν έτοι τα πράγματα πολλά χαρακτηριστικά της ηθικής θα μπορούσαν να εξηγηθούν με ικανοποιητικό τρόπο αν γίνει επίκληση της δαρβινικής της προέλευσης και ενός επιλεκτικού μηχανισμού που εγκαθιστά την τάση προς το ηθικό στο ανθρώπινο είδος. Όλα όμως αυτά περιμένουν την απόδειξή τους, δηλαδή ότι όντως επενέργησε ένας τέτοιος μηχανισμός επιλογής. Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται σε τέτοιες περιπτώσεις αφηγήσεων είναι η δυσκολία

να προσαγάγει κανείς αποδείξεις. Θα μπορούσε να προστεθεί ότι η προσαγωγή τέτοιων αποδείξεων είναι ίσως αδύνατη σε τέτοιες περιπτώσεις.

Είναι όντως εξαιρετικά δύσκολο και χρονοβόρο να διατυπώσει κανείς μια επιχειρηματολογία στηριζόμενη σε αποδείξεις για τη δράση της επιλογής σε φυσικούς πληθυσμούς ζώων και φυτών παρά το γεγονός ότι μπορούμε να τους χειρισθούμε κατά βούληση και να τους μελετήσουμε καθ' όν χρόνον επιλέγονται, δηλαδή καθ' όν χρόνον επιτελείται η διαμόρφωση των αποτελεσμάτων της επιλογής στους πληθυσμούς αυτούς. Η μελέτη μιας διαδικασίας που έλαβε χώρα στο παρελθόν φαίνεται πιο δύσκολο να γίνει και να αποδειχθεί ότι έδρασε όντως η φυσική επιλογή. Άλλωστε υπάρχουν αρκετές άλλες εναλλακτικές διαδικασίες εκτός της επιλογής που επιτρέπουν ή προωθούν τη διαμόρφωση ενός χαρακτηριστικού σε έναν πληθυσμό. Οι Gould και Lewontin κατέστησαν τούτο σαφές στο γνωστό δοκίμιό τους που φέρει τον τίτλο *The Spandrels of San Marco*. Ο Lewontin και οι συνεργάτες του έπαιξαν έναν σημαντικό ρόλο με την κριτική τους, ασκώντας μιαν πνευματική αστυνόμευση, χωρίς την οποία η τάση για γοπευτικές ή πιθανοφανείς αφηγήσεις κινδυνεύει να καταστήσει το Δαρβινισμό μια μη επιστημονική δραστηριότητα.

Η απόδειξη, στην περίπτωση του αισθητικού φαινομένου μπορεί να είναι ευκολότερο να προσαχθεί. Ποιά είναι η βάση της αισθητικής στους ανθρώπους; Έχουμε άραγε την τάση της καθήλωσης σε ορισμένες αμετάβλητες αισθητικές αξίες (λ.χ. στα κλασικά πρότυπα, σε συμμετρικά σχήματα, σε χρυσές τομές) ή μεταβάλλουμε αυτά τα πρότυπα με το πέρασμα του χρόνου και με τη μόδα; Ήδη στον Δαρβίνο πρωτοβρίσκομε μια νύξη γι' αυτό το θέμα. Παρόλον ότι δεν το διευτύωσε ξεκάθαρα φαίνεται να συνδέει την αισθητική (ή την αίσθηση του ωραίου) με τη σεξουαλική επιλογή. Γνωρίζομε ότι κατά τη σεξουαλική επιλογή επιλέγεται μια ακραία κατάσταση: τα θηλυκά πτηνά πολλών ειδών επιλέγουν τα αρσενικά ταίρια τους διαλέγοντάς τα από ένα ακραίο και πολύ ορατό χαρακτηριστικό, λ.χ. το μήκος της ουράς ή το έντονο του χρωματισμού τους. Κατά τον W. Hamilton και την Marlene Zuk τα χαρακτηριστικά αυτά “χρησιμοποιούν” τα αρσενικά για να “διαφημίσουν” στα θηλυκά άτομα την καλή γενετική τους ποιότητα. Τα θηλυκά, ως ιατροί, εξετάζουν τα αρσενικά και διαλέγουν εκείνο με το οποίο θα σμιξουν. Σε μια πειραματική πρόσφατη μελέτη σε ανθρώπους για τη μορφή του προσώπου και τα χαρακτηριστικά που είναι γοπευτικά απεδείχθη ότι και εδώ δρα ένας τέτοιος μηχανισμός. Η αίσθηση του ωραίου θα μπορούσε να συνδέεται άμεσα με αυτά τα εγγενή κριτήρια δια των οποίων τα θηλυκά διαλέγουν τα αρσενικά και τανάπαλιν. Εάν έτσι έχουν τα πράγματα, τότε η αίσθηση του ωραίου έχει μια βιολογική βάση. Τούτο θα μπορούσε ενδεχομένως να εξηγήσει γιατί μερικά χαρακτηριστικά μπορούν γενικά να θεωρηθούν επιθυμητά (λ.χ. οι μακροί λαιμοί του Modigliani). Θα μπορούσε επίσης να εξηγήσει γιατί επιθυμητά χαρακτηριστικά δεν είναι τόσο πολύ στερεοτυπικά καθηλωμένα, προσδιορισμένα, αλλά υπόκεινται σε δευτερογενείς μεταβολές. Άλλωστε η αλλαγή αισθητικού προτύπου προκύπτει από τη διαδικασία επιλογής για ακραία μορφή. Μιας και μια τέτοια μορφή γίνεται κοινή ή κορεσθεί ποσοτικά η αίσθηση του ωραίου, το νέον, η καινοτομία (μέσα στα όρια του “υγιούς”) γίνεται επιθυμητή και αρχίζει να θεωρείται ως το νέο πρότυπο.

Φθάνω στο τελευταίο τμήμα της ομιλίας μου, εκείνο της εξελικτικής επιστημολογίας. Από ό,τι ελέηθη μέχρι τώρα μπορούμε να συμπεράνομε ότι η απόσταση μεταξύ κοινωνιοβιολογίας και εξελικτικής

επιστημολογίας είναι όντως μικρή. Όμως αυτά τα δυο θέματα δεν θα 'πρεπε να θεωρηθούν ταυτόσημα ή ανήκοντα στον ίδιο ακριβώς γνωστικό χώρο. Μπορούμε χωρίς μεγάλη δυσκολία να δεχθούμε ότι ο εγκέφαλος και οι λειτουργίες του έχουν διαμορφωθεί με τη δράση της φυσικής επιλογής. Βεβαίως η απόδειξη αυτής της δήλωσης είναι δυσχερής. Έχουν όμως προστεθεί πολλές αλθοφανείς σκηνικές αφηγήσεις (σενάρια) γιατί και πώς τούτο επετεύχθη. Τα πρώτα επιχειρήματα για μια εξελικτική επιστημολογία βρίσκονται στα γραπτά του Karl Popper. Ο αυστριακός-βρετανός αυτός φιλόσοφος και ο ψυχολόγος Donald Campbell έχουν πραγματοποιήσει τις θεμελιώδεις συνεισφορές σε αυτόν τον τομέα. Αυτά που πρότειναν είναι τμήμα εκείνων που σήμερα ονομάζουμε Ε.Ε.Τ. δηλαδή Εξελικτική Επιστημολογία Θεωριών (Evolutionary Epistemology regarding Theories). Πρόκειται για την άποψη ότι οι επιστημονικές θεωρίες, ιδέες και έννοιες υφίστανται επιλογή. Αυτές οι θεωρίες, ιδέες, έννοιες που επιβιώνουν αυτής της διαδικασίας, δηλαδή της δοκιμασίας τους από την επιστημονική κοινότητα, είναι και οι καλλίτερες. Αυτή η διαδικασία επιλογής ερμηνεύει και παρουσιάζει εν περιλήψει την πορεία της επιστήμης. Υπάρχει βέβαια μια άλλη εκδοχή της εξελικτικής επιστημολογίας, η Ε.Ε.Μ. (Εξελικτική Επιστημολογία Μηχανισμών), μια προσπάθεια δηλαδή κατανόησης της εξελίξεως των γνωστικών μηχανισμών. Σε αυτήν προηγουμένως αναφερόμεθα κυρίως. Και τα δυο προγράμματα μελέτης, το ΕΕΜ και το ΕΕΤ, σχετίζονται μεταξύ τους και κατά τη γνώμη μου είναι καλλίτερα να αντιμετωπισθούν μαζί. Ορισμένοι συγγραφείς έχουν ασχοληθεί με αυτά τα θέματα. Θα μνημονεύσω λίγους μόνο, τον Henry Plotkin, τον Franz Wuketis και τον Michael Ruse. Ο στόχος της εξελικτικής επιστημολογίας είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρων και εξαιρετικά φιλόδοξος: η μελέτη της εξέλιξης του ανθρώπινου πνεύματος μπορεί να αντικαταστήσει τη γνωσιολογία, και τη φιλοσοφία γενικότερα, και μπορεί να συστήσει μια στερεή βάση για να συλλάβουμε κατά δαρβινικό τρόπο όλη την ανθρώπινη νόση και κατανόηση. Βέβαια η μελέτη του τρόπου με τον οποίον ο άνθρωπος εγκέφαλος και το ανθρώπινο πνεύμα (νους) διεμορφώθησαν κατά την εξελικτική πορεία αποτελεί ένα ιδιαίτερα ολισθηρό πεδίο: Ο Plotkin πιστεύει ότι οι άνθρωποι κατόρθωσαν να πραγματώσουν ένα δεύτερο ευρηκτικό επίπεδο δια της ανατύξεως του ανθρώπινου νου ώστε να επιλύονται προβλήματα τα οποία δεν μπορούν να επιλυθούν δια των ενστίκτων. Τα ένστικτα (πρώτο ευρηκτικό επίπεδο) παρέχουν προδιαγεγραμμένες απαντήσεις σε ορισμένα ερεθίσματα ή σε ορισμένη χρονική στιγμή της βιολογικής πορείας του ατόμου και είναι ικανοποιητικές απαντήσεις όταν το περιβάλλον παραμένει σταθερό. Όταν το περιβάλλον είναι ασταθές και απρόβλεπτο η κατάλληλη απάντηση δεν είναι δυνατόν να είναι προγεγραμμένη, χρειάζεται μια άλλη προσέγγιση. Η ανθρώπινη νόση την παρέχει. Ένα τρίτο ευρηκτικό επίπεδο επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση της παιδείας, η οποία υπερβαίνει τους επιμέρους βίους των ατόμων και χαρακτηρίζει πληθυσμούς ανθρώπων στο χρόνο. Δια του πολιτισμού/παιδείας οι οργανισμοί που ανήκουν σε αυτούς τους πληθυσμούς επωφελούνται της πείρας των προηγουμένων γενεών. Ο William Calvin προτείνει το ακόλουθο: ότι ο εγκέφαλος αναπτύχθηκε κατά την περίοδο των επανειλημμένων παγετωδών περιόδων, όταν το περιβάλλον κατέστη μη-προβλεπτό. Ισχυρίζεται επίσης ότι η ανθρώπινη γλώσσα, το κύριο χαρακτηριστικό της οποίας είναι, κατ' αυτόν, ο σχηματισμός σειράς αλυσίδας λέξεων, αποτελεί ένα παραπροϊόν (ένα δευτερεύον προϊόν που παράγεται συγχρόνως και αναγκαστικά με ένα άλλο, κύριο, στην παραγωγή του οποίου στοχεύει μια διαδικασία) ένα λοιπόν παραπροϊόν της δράσης της επιλογής για ικανότητα επιτέλεσης γρήγορων κινήσεων, βαλλιστικών κινήσεων, όταν οι άνθρωποι κυνηγούσαν μεγάλα θηράματα. Οι βαλλιστικές κινήσεις (το ρίξιμο μιας πέτρας ή ενός δόρατος) προϋποθέτουν έναν προγραμματισμό πολλών κινήσεων χωρίς δυνατότητα διορθώσεως των άπαξ και άρχισαν, δηλαδή μιας σειράς, μιας αλυσίδας, κινήσεων. Η επιλογή

για μια επιτυχή βαλλιστική (βλητική) ικανότητα είχε ως παρεπόμενη συνέπεια την ανάπτυξη της γλωσσικής ικανότητας. Όπως και να έχει το πράγμα φαίνεται δύσκολο να προσαχθούν σήμερα αναμφισβήτητες αποδείξεις για την υποστήριξη αυτών των ισχυρισμών.

Και τώρα φθάνοντας στο τέλος ουτής της εκθέσεως γεγονότων και ιδεών, θέλω να παρατηρήσω το ακόλουθο: Ο Δαρβινισμός, ή ακριβέστερα ο νεοδαρβινισμός, φαίνεται να παρουσιάζει μian αξιοθαύμαστη ικανότητα εισβολής σε όλα τα γνωστικά πεδία, ακόμα και σε εκ πρώτης όψεως απόμακρα από αυτόν. Υπό αυτήν την έννοια θεωρούμενος μοιάζει με αυτές τις γενικές κατασκευές που ονομάστηκαν Γενικές θεωρίες, θεωρίες που εξηγούν τα πάντα. Εδώ και λίγα χρόνια η Βασιλική Σκοκοβίτου παρατήρησεν ότι η μελέτη της εξελίξεως κατέστη μια ενοποιητική δύναμη στη βιολογία. Ο Wilson, στο βιβλίο του Η ανθρώπινη φύση (Human Nature) ισχυρίσθηκε ότι υπάρχουν σήμερα τρεις μεγάλες κατηγορίες θρησκειών, οι ακόλουθες: οι κλασικές (όπως ο Χριστιανισμός, ο Βουδδισμός κ.ο.κ.), ο μαρξισμός και τέλος ο επιστημονικός υλισμός. Εάν τον ερμηνεύω σωστά, δια του επιστημονικού υλισμού εννοεί τη φυσική και τη βιολογία, ή μάλλον την κοσμολογία και εξελικτική, που και οι δυο τους μας προσφέρουν μια ακριβή περιγραφή του κόσμου και μια επιστημονική αφήγηση της δημιουργίας του. Θα 'πρεπε να μας κάνει να αναρωτηθούμε αλλά συγχρόνως να μας προβληματίσει το γεγονός ότι οι εξελικτικοί βιολόγοι παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά που απομακρύνουν τη δραστηριότητά τους από αυτό που θα 'πρεπε να είναι μια επιστημονική προσπάθεια. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν: πρώτα το να παραβλέπουν συχνά αρνητικές ενδείξεις, μετά την τάση να ενσωματώνουν στη θεωρία, τροποποιώντας την, αποτελέσματα, που εκ πρώτης όψεως τη διαμεύδουν, δημιουργώντας έτσι μια γενικότερη θεωρία.

Μήπως άραγε ο Δαρβινισμός μεταβάλλεται (τή απουσία καταλλήλου πνευματικής αστυνόμευσης) σε μια θρησκευτική κατασκευή, μήπως γίνεται μεταφυσικό πρόγραμμα, ή συνεχίζει να αποτελεί μια επιστημονική δραστηριότητα; Το μέλλον θα δείξει, προς το παρόν καθένας μπορεί να επιλέξει την απόντηση που λογικά ή συναισθηματικά του ταιριάζει καλύτερα.

Ηθική και Βιολογική Εξέλιξη

Ομιλητής: Δ.Β.ΡΑΖΗΣ

Δ/ντής Ογκολογικής Κλινικής Νοσοκομείου "ΥΓΕΙΑ"

Η ηθική είναι έννοια δημιουργημένη από τον άνθρωπο και αφορά κανόνες για το τι είναι καλό και τι είναι κακό. Η λέξη ετυμολογικά προέρχεται από το “ήθος” που σημαίνει “χαρακτήρας” με την ευρεία έννοια. Ο αντίστοιχος όρος στα αγγλικά “morality” προέρχεται από τη λατινική λέξη mores που σημαίνει customs, συνήθειες. Η ηθική ήταν συνδεδεμένη από αρχαιοτάτους χρόνους (από τη χαρναγή της ιστορίας) με τη θρησκεία και τη φιλοσοφία (1).

Ο Σωκράτης ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να δώσει τον ορισμό της ηθικής. Το αξίωμα του Σωκράτη “η αρετή είναι γνώση” έγινε διάσημο. Ακολούθησε ο Αριστοτέλης που δίδαξε ότι η ηθική είναι μόνη της Επιστήμη και, ακόμη, διατύπωσε τα αιώνια προβλήματα της ηθικής και του ορισμού της ηθικής που ισχύουν ακόμη μέχρι σήμερα. Οι Στωικοί διαίρεσαν τη φιλοσοφία σε τρεις διαφορετικούς κλάδους: τη λογική, τη φυσική και την ηθική. Αυτή η διαίρεση των Στωικών επικράτησε μέχρι την Αναγέννηση αλλά και μετά. Την αποδέχθηκε και ο Καντ, ο φιλόσοφος που τόσο επηρέασε τη διαμόρφωση της σύγχρονης ηθικής των Δυτικών Κοινωνιών. Ο Καντ υποστήριξε ότι υπάρχουν δύο επίπεδα πραγματικότητας, το επίπεδο των φαινομένων που αντιστοιχεί στην επιστήμη και το επίπεδο των νοουμένων που αντιστοιχεί στην ηθική. Το φαινόμενο επίπεδο δημιουργείται από το ανθρώπινο πνεύμα. Το νοούμενο επίπεδο υπερβαίνει την ανθρώπινη διάνοια και αντιστοιχεί σε μια πνευματική πραγματικότητα, που στηρίζει την ηθική και θρησκευτική ζωή του ανθρώπου (2,3).

Ποιός είναι ο σύγχρονος ορισμός της ηθικής; “Ηθική είναι η συστηματική μελέτη της φύσης και της αξίας των εννοιών ‘καλό’, ‘κακό’, ‘πρέπει’, ‘ορθό’, ‘λάθος’, κλπ., και τις γενικές αρχές που δικαιολογούν και δικαιώνουν την εφαρμογή τους σε οτιδήποτε” (4). Η επόμενη ερώτηση είναι βέβαια ποιός είναι ο ορισμός του “καλού” (ποιά είναι η έννοια του “καλού”) και τι κάνει μια πράξη καλή ή κακή, σωστή ή λάθος. Οι απαντήσεις σ’ αυτό το ερώτημα έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ανθρώπινη συμπεριφορά (και στην ανθρώπινη ιστορία). Οι απαντήσεις είναι βέβαια αντιφατικές, συχνά αντίθετες, και διαφέρουν διαμετρικά στις διάφορες εποχές και διάφορες χώρες.

Τι είναι λοιπόν καλό; είναι κάτι που είναι μόνο του “εσωτερικά” καλό, είναι απόλυτα καλό, ή απλώς σημαίνει ότι πρέπει να κάνεις κάτι άλλο; “Δεν υπάρχει τίποτα καλό ή κακό –είναι η σκέψη, ο νους μας που χαρακτηρίζει κάτι σαν κακό ή καλό” (Σαίξπηρ στον Hamlet) (5). Η έννοια του καλού είναι έννοια υποκειμενική, είναι προσωπικές εμπειρίες, ή μία κατάσταση του νου, συμβατή με πολλές διαφορετικές απόψεις και γνώμες σχετικά με την έννοια του καλού;

Πάντως η ηθική είναι μία από τις δυνάμεις που διαμορφώνουν τις ανθρώπινες κοινωνίες, αν και πρέπει να παραδεχθούμε ότι δεν είναι από τις επικρατέστερες και ισχυρότερες δυνάμεις. Ποιά είναι η

προέλευση, ποιά είναι η γένεση των ηθών και της ηθικής; Ο Θρασύβουλος στην Πολιτεία του Πλάτωνα υποστήριξε ότι “οι ηθικοί κανόνες κατασκευάζονται για να εξυπηρετούν το άτομο ή την ομάδα που κυβερνά μια Πολιτεία”. Έτσι, ο Πλάτων προηγήθηκε από τους Μαρξιστές στην ανάλυση του ρόλου των πολιτικών και της ηθικής των αστικών κοινωνιών. Μαρξιστικές, αλλά και άλλες μη Μαρξιστικές Φιλοσοφικές Σχολές, πιστεύουν ότι οι ηθικοί κανόνες προέρχονται από τη φύση του ανθρώπου και εξυπηρετούν τις ανάγκες των ανθρώπινων κοινωνιών σε ορισμένο τόπο και χρόνο. Η αντίθετη άποψη είναι ότι οι ηθικοί κανόνες προέρχονται από μια απόλυτη, μη ιστορική αρχή, πέρα από την ύπαρξη του ανθρώπου, όπως το “απόλυτο καλό” του Πλάτωνα, ο “Φυσικός Νόμος” των Στωικών, ο “Θεός Νόμος” των Θωμιστών και των Νεοθωμιστών, η απόλυτη ιδέα του Hegel και ο “a priori ηθικός νόμος” του Kant (1).

Το ερώτημα πάντως το τι είναι καλό, τι είναι ηθικό, συνδέεται προφανώς με το τι πρέπει να πράττουμε και πώς πρέπει να ενεργούμε. Το επόμενο ερώτημα είναι αν μπορούμε να δεχθούμε “a priori” διεθνείς νόμους, κανόνες, γενικές παγκόσμιες αρχές, σύμφωνα με τις οποίες πρέπει να ενεργούμε ανεξάρτητα από τις συνέπειες. Πρώτα οι Στωικοί προώθησαν την ιδέα της παγκοσμιότητας της ηθικής με το “φυσικό νόμο” που αφορά τον άνθρωπο σαν άνθρωπο ανεξάρτητα από τόπο και χρόνο. Αλλά και σήμερα υποστηρίζεται η “απόλυτη παγκοσμιότητα” ορισμένων ηθικών νόμων. Υποστηρίζεται ακόμα ότι μερικές βασικές ηθικές αρχές είναι γενικά παραδεκτές σήμερα τουλάχιστον από τις Δυτικές Κοινωνίες (1,4).

Είναι όμως δυνατόν, είναι ρεαλιστικό, να αναζητούμε, σήμερα ή οποιαδήποτε άλλη εποχή, γενικές ηθικές αρχές, παγκόσμια παραδεκτές; Το ανθρώπινο είδος χαρακτηρίζεται από βαθιές διαφορές μέσα στο είδος, διαφορές που είναι πιο σημαντικές από τις ομοιότητες και πιο ζωτικές από τις διαφορές με άλλα είδη (6). Το αποτέλεσμα αυτής της τρομακτικής μοναδικότητας του ανθρώπινου είδους είναι οι πόλεμοι μέσα στο είδος, η παντελής έλλειψη ενότητας σαν είδος και η απουσία παγκόσμιας θέλησης. Έτσι κατ’ αρχήν φαίνεται αδύνατη η παγκοσμιότητα στην ηθική, όπως αδύνατος είναι και ένας παγκόσμια παραδεκτός ορισμός της ηθικής. Πάντως ζούμε μια εποχή που συνεχώς συζητείται η πιθανότητα εξαφάνισης του ανθρώπινου είδους από τον υπερπληθυσμό, την καταστροφή του περιβάλλοντος και τους σύγχρονους πολέμους. Αυτός ο κίνδυνος μπορεί να μας αναγκάσει να δεχθούμε την παγκοσμιότητα ορισμένων γενικών αρχών που σχετίζονται με την επιβίωση του ανθρώπινου είδους και την επιβίωση του γήινου οικοσυστήματος (7).

Η ζωή στον πλανήτη μας είναι ένα φαινόμενο σε συνεχή εξέλιξη. Η πρώτη μορφή ζωής στον Πλανήτη μας παρουσιάσθηκε πριν 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια, τα πρώτα πριν 7 εκατομμύρια χρόνια, τα ανθρωποειδή πριν 3,5 εκατομμύρια χρόνια και ο homo sapiens, ο άνθρωπος ο σοφός, πριν 500 χιλιάδες χρόνια. Σ’ αυτά τα 500 χιλιάδες χρόνια συνέβη ένα από τα πιο συγκλονιστικά γεγονότα στην εξέλιξη της ζωής στον Πλανήτη μας. Ήταν η εκρηκτική εξέλιξη του νεοφλοιού, του νεο-εγκεφάλου, σε τόσο βραχύ χρονικό διάστημα που δεν έχει προηγούμενο στη βιολογική εξέλιξη (6,8). Ο νεοεγκέφαλος έκανε τον άνθρωπο το μόνο σκεπτόμενο ον επί της γης και το μόνο ον που μπορεί να παρεμβληθεί με την εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη μας, Cogito, ergo sum (Descartes) σκέπτομαι άρα υπάρχω. Ο άνθρωπος είναι το μόνο ον που σκέπτεται και που έχει world view – έχει άποψη για τον πλανήτη μας, για τον κόσμο ολόκληρο, για το από πού προέρχεται, πώς πορεύεται και ποιό είναι το μέλλον του. Αυτή

η world view εξελίχθη από τη λατρεία των ζώων και των πολλών θεών στους προϊστορικούς χρόνους, στον πλούτο των θρησκευτικών και φιλοσοφικών απόψεων (world views) των σύγχρονων Δυτικών Κοινωνιών. Αλλά ο νεοεγκέφαλος έδωσε στον άνθρωπο τη δυνατότητα όχι μόνο να σκέπτεται, αλλά και να σχεδιάζει, να οργανώνει, να κάνει προβλέψεις για το μέλλον, με αποτέλεσμα τελικά να αποκτήσει σχεδόν απόλυτο έλεγχο πάνω στη ζωή και στην ίδια την ύπαρξη της πλειονότητας της ζωής (5).

Πώς χρησιμοποίησε ο άνθρωπος την τρομακτική δύναμη που του χάρισε ο νεοεγκέφαλος; Ο άνθρωπος έζησε τη μεγαλύτερη περίοδο της ύπαρξής του σαν κυνηγός σε φυλές και αυτή η περίοδος ήταν ίσως η περίοδος της καλύτερης προσαρμογής του ανθρώπου στο περιβάλλον. Πριν 10-12 χιλιάδες χρόνια ο άνθρωπος ανακάλυψε τη γεωργία και από τότε όλα άλλαξαν. Ο άνθρωπος έπαψε να μετακινείται από μέρος σε μέρος, οργανώθηκε σε κοινωνίες, βελτίωσε τη διατροφή του και αύξησε την αναπαραγωγή. Η ανακάλυψη της Γεωργίας είναι ο πρώτος σημαντικός σταθμός στην εξέλιξη της ζωής του ανθρώπου. Πέρασαν μερικές χιλιάδες χρόνια και ξαφνικά, σαν κάτι που βγήκε από το πουθενά, γύρω στον 6ο π.Χ. αιώνα, φιλόσοφοι από τη Μέλπο, την Ελέα και τη Σάμο, άρχισαν συζητήσεις για τη γένεση του Σύμπαντος, αναζητώντας τους τελικούς γενικούς νόμους που βρίσκονται πίσω από την απίστευτη ποικιλία των φυσικών φαινομένων. Η ηρωική εποχή των Ελλήνων στις Επιστήμες και τον Πολιτισμό, διήρκεσε από το 600-400 π.Χ. και σ'αυτά τα 300 χρυσά χρόνια των Ελλήνων, αθροιστική αύξηση της γνώσης επιτεύχθηκε για πρώτη φορά στην ανθρώπινη ιστορία.

Την περίοδο των Ελλήνων ακολούθησαν αιώνες “ιστορικής νάρκης” μέχρι την “έκρηξη στη διανόηση και την πληροφορική” του Δυτικού Κόσμου (9). Αυτή η έκρηξη περιλάμβανε την Επιστημονική Επανάσταση με το Νεύτωνα τον 17ο αιώνα με ορόσημο την κατάθεση από το Νεύτωνα του “principia” στη Βασιλική Ακαδημία της Μ. Βρετανίας, στις 28 Ιουλίου 1686 και με άλλο ορόσημο τον Einstein με τη Θεωρία της Σχετικότητας τον 20ο αιώνα. Ακολούθησε η βιολογική επανάσταση με ορόσημο τον Darwin τον 19ο αιώνα και τον Watson και Crick τον 20ο αιώνα, που με την ανακάλυψη της δομής του DNA άνοιξαν το δρόμο στη σημερινή Μοριακή Βιολογία, Μοριακή Γενετική και Μοριακή Ιατρική.

Έτσι η ανθρώπινη ιστορία, περιληπτικά και κάπως απλοποιημένα μπορεί να περιγραφεί κάπως έτσι: ο άνθρωπος έζησε το 98% της ύπαρξής του επί της γης σε φυλές σαν κυνηγός. Ακολούθησαν 3 καθοριστικά ιστορικά φαινόμενα: η ανακάλυψη της Γεωργίας 10-120.000 χρόνια πριν, τα 300 χρυσά χρόνια των Ελλήνων και τα τελευταία 300 χρόνια του Δυτικού Κόσμου. Τα 300 τελευταία χρόνια οι πρόοδοι των Θετικών Επιστημών ήταν μεγαλειώδεις. Δεν υπήρξε τίποτα περισσότερο σημαντικό τα τελευταία 3.000 χρόνια όσο η πρόοδος στο Δυτικό Πολιτισμό. Το μεγαλειώδες θέαμα αυτής της βαθμιαίας άθροισης της γνώσης, είναι πραγματικά ένα μεγαλοπρεπές παράδειγμα μιας επιτυχημένης συλλογικής ανθρώπινης προσπάθειας.

Τα τελευταία 200-300 χρόνια η καμπύλη της αύξησης των γνώσεων, των επικοινωνιών και της καταστροφικής δύναμης του ανθρώπου, είναι περισσότερο από εκθετική – είναι “rocket-like”, σαν ρουκέτα. Περισσότερο όμως από εκθετική είναι και η καμπύλη αύξησης του πληθυσμού της γης. Η Ιατρική ακολούθησε την πρόοδο και των άλλων Θετικών Επιστημών. Ελάττωσε δραστικά τη θνητότητα και αύξησε εντυπωσιακά το μέσο όρο ζωής, χωρίς όμως αναπροσαρμογή της αναπαραγωγής. Ελάτπωση

της θνητότητας χωρίς προσαρμογή της αναπαραγωγής έχει πάντα, χωρίς εξαίρεση, σαν αποτέλεσμα την πληθυσμιακή έκρηξη (7). Και αυτό συνέβη στον άνθρωπο. Βέβαια το γεγονός αυτό οφείλεται στην εφαρμογή στη Βιολογία των Θετικών Επιστημών “προς όφελος του ανθρώπου” – αυτό αποτελεί και το σημερινό ορισμό της “ηθικής” στη Βιολογία. Το προς όφελος του ανθρώπου όμως σημαίνει καταστροφή για άλλα είδη (5).

Ο άνθρωπος είναι το μόνο ον που παρεμβάλλεται στην εξέλιξη της ζωής του πλανήτη μας και αυτό σημαίνει ότι, ανεξάρτητα αν μας αρέσει ή όχι (και σίγουρα χωρίς να έχουμε ρωτηθεί), είμαστε υπεύθυνοι για τη ζωή όλου του οικοσυστήματος. Όμως ο άνθρωπος, έτσι που δεν έχει να δώσει λογαριασμό σε κανένα, μετέτρεψε τον πλανήτη μας σε εργοστάσιο μαζικής παραγωγής ανθρώπων, με αποτέλεσμα τον υπερπληθυσμό, την αποδιοργάνωση του γήινου οικοσυστήματος, την καταστροφή του περιβάλλοντος και την ελάτωση της δεξαμενής των γενετικών πηγών του πλανήτη μας. Η πληθυσμιακή έκρηξη είναι εντυπωσιακή: 5,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι επί της γης σήμερα με χρόνο αναδιπλασιασμού τα 35 χρόνια.

Η δυναμική της αύξησης και της μείωσης του πληθυσμού και των πληθυσμιακών εκρήξεων, από τα μικρόβια μέχρι τα θηλαστικά, έχει πλήρως κατανοηθεί. Σε κλειστά οικοσυστήματα, όπως το γήινο, η πληθυσμιακή έκρηξη τελειώνει πάντα, χωρίς εξαίρεση, με καταστροφή του είδους. Ο άνθρωπος ο σοφός πλησιάζει αυτό το κρίσιμο σημείο και αν δεν γίνει αναπροσαρμογή, η εξαφάνιση του ανθρώπινου είδους είναι όχι μόνο πολύ πιθανή αλλά ίσως όχι και πολύ απομακρυσμένη. Γνωστοί βιολόγοι όπως ο Ehrlich (10), ο Keyfitz (11), ο ανθρωπολόγος Wilbush (12) και άλλοι, έχουν ήδη εκφραστεί για τις συνέπειες του υπερπληθυσμού. Οι οικονομολόγοι έχουν διαφορετικές απόψεις, αλλά οι οικονομολόγοι μελετούν βραχείες χρονικές περιόδους και συνήθως δεν σκέπτονται προοπτικά, μακρύτερα από το άμεσο μέλλον, όπως οι βιολόγοι.

Αλλά πώς φτάσαμε στο αδιέξοδο της πληθυσμιακής έκρηξης; Με την ευρεία βιολογική έννοια, οι κανόνες και οι νόμοι, η ηθική του σύγχρονου ανθρώπου, στηρίζονται σε αντιλήψεις και ιδέες που χρονολογούνται από την περίοδο που ο άνθρωπος ζούσε σε φυλές σαν κυνηγός σε πραγματικά απεριόριστες γίνες εκτάσεις. Στην πραγματικότητα η καμπύλη της ηθικής, των κοινωνικών ηθών, της ανθρώπινης συμπεριφοράς, της πνευματικής εγρήγορσης και των σχετικών αξιών, παραμένει επίπεδη δια μέσου των αιώνων. Είναι εντυπωσιακό ότι και σήμερα η ηθική των ανθρώπινων κοινωνιών είναι η ίδια όπως και οποιαδήποτε προηγούμενη εποχή. Αυτή η εντυπωσιακή διαφορά μεταξύ της επίπεδης καμπύλης της ηθικής και της εκθετικής καμπύλης των επιστημών, μπορεί ίσως να εξηγήσει τα παρανοϊκά στοιχεία της ανθρώπινης ιστορίας που ταλαντεύεται δια μέσου των αιώνων από τα πιο μεγαλειώδη επιτεύγματα στις Επιστήμες και την Ιατρική, στις Τέχνες, στη Μουσική, στις πιο τερατώδεις βαρβαρότητες και τις πιο απίστευτες καταστροφές. Μπορεί ακόμη να εξηγήσει τη διχοτόμηση του ανθρώπινου νου, το διανοητικό διχασμό μεταξύ λογικής και πίστης, διαλογισμού και δοξασίας, διάνοησης και συγκίνησης (7,8).

Πώς εξηγείται αυτή η εντυπωσιακή διαφορά στην καμπύλη των Επιστημών και την καμπύλη της ηθικής; Υποστηρίζεται ότι η εκρηκτική εξέλιξη του ανθρώπινου νεοεγκεφάλου είχε και σαν αποτέλεσμα την κακή επικοινωνία με τον παλαιοεγκέφαλο και τις παλαιότερες νευρολογικές δομές (6,13). Αυτό το

“λάθος” στη βιολογική εξέλιξη (και τέτοια “λάθη” δεν είναι σπάνια στη Βιολογία) μπορεί ίσως να εξηγήσει τις εντυπωσιακές διαφορές ανάμεσα στις καμπύλες των Επιστημών και της Ηθικής,

Αν δεχθούμε ότι πράγματι υπάρχει κίνδυνος εξαφάνισης του ανθρώπινου είδους, τότε η φιλοσοφική τοποθέτηση μπορεί να είναι ότι ο άνθρωπος μπορεί να αυτοκαταστραφεί καταστρέφοντας συγχρόνως και το μεγαλύτερο μέρος του γήινου οικοσυστήματος, αλλά η γη θα ανανεωθεί, ένα καινούργιο είδος θα επικρατήσει στη γη και ο άνθρωπος θα μείνει σαν μια κηλίδα στην ιστορία του πλανήτη μας (14). Η άλλη φιλοσοφική τοποθέτηση είναι το “παντός μέτρον άνθρωπος” (Πρωταγόρας). Όμως η ανθρωποκεντρική world view των αρχαίων Ελλήνων θα πρέπει να προσαρμοσθεί στη βιολογική εξέλιξη έτσι που ο Homo Sapiens να ενσωματωθεί στο γήινο οικοσύστημα σαν αναπόσπαστο μέρος της βιολογικής εξέλιξης του πλανήτη μας. Τα ενδιαφέροντα του ανθρώπου και τα ενδιαφέροντα της ζωής φύσης σαν σύνολο θα πρέπει να εναρμονισθούν σε μια ομαλή βιολογική πορεία. Ο σύγχρονος ορισμός της ηθικής στη Βιολογία θα μπορούσε τότε να τροποποιηθεί σε:

Ηθική στη βιολογική εξέλιξη σημαίνει την εφαρμογή των Θετικών Επιστημών για όφελος του ανθρώπινου είδους, όμως σαν αναπόσπαστο μέρος της ζωής στον πλανήτη μας και πάντα με σεβασμό για τη διατήρηση της ζωής φύσης σαν σύνολο (5).

Πώς μπορεί να υλοποιηθούν οι στόχοι που προέρχονται από το νέο ορισμό της ηθικής στη Βιολογία; Η προσέγγιση δεν μπορεί παρά να είναι διεπιστημονική. Οι βιολόγοι επί του παρόντος παίζουν το ρόλο της Κασσάνδρας. Μόνο αν αναθεωρηθούν οι γενικές αρχές της ηθικής, η Βιολογία θα μπορεί να παίξει βασικό ρόλο στη διαχείριση του πλανήτη μας. Αυτή η αλλαγή προϋποθέτει ένα νέο ρόλο για την Ιατρική (7). Και αυτός ο νέος ρόλος της Ιατρικής είναι πολύ σημαντικός. Η Ιπποκρατική Ιατρική παραδοσιακά ασχολείται με την επιβίωσή μας σαν άτομα ή σαν ομάδες. Για την Ιπποκρατική Ιατρική η ελάττωση της θνητότητας ήταν πάντα ένας απόλυτος στόχος και ανησυχίες για την πληθυσμιακή έκρηξη και τις μελλοντικές γενιές, δεν περιόρισαν ποτέ οποιοδήποτε μέτρο Δημόσιας Υγείας. Όμως η εφαρμογή της Ιπποκρατικής Ιατρικής στο επίπεδο του πληθυσμού και του οικοσυστήματος έχει αποδειχθεί αντιβιολογική. Οδηγεί στον υπερπληθυσμό και στην αστικοποίηση και είναι κυρίως υπεύθυνη για την πλήρη αποδιοργάνωση του γήινου οικοσυστήματος.

Βέβαια η Ιατρική στο επίπεδο του ατόμου πάντοτε θα φροντίζει για τον πάσχοντα συνάνθρωπο σύμφωνα με τις Ιπποκρατικές Αρχές. Στο επίπεδο όμως του πληθυσμού η Ιατρική στο νέο της ρόλο θα πρέπει να ασχοληθεί κυρίως με το να θέσει υπό έλεγχο και να διατηρήσει υπο έλεγχο την αναπαραγωγή και να βελτιώσει το γήινο οικοσύστημα. Για να επιτύχει αυτό το σκοπό η Ιατρική πρέπει πρώτα να μελετήσει τα “patterns” (“πρότυπα”) της ανθρώπινης συμπεριφοράς που παραμένουν αμετάβλητα δια μέσου των αιώνων. Αν δεν κατανοήσουμε την ανθρώπινη συμπεριφορά και αν δεν προσπαθήσουμε να την εξηγήσουμε, πιθανώς σε νευροφυσιολογική βάση, δεν θα μπορούσαμε ποτέ να γίνουμε κύριοι της μοίρας μας.

Η ανθρώπινη συμπεριφορά καθορίζεται στο μεγαλύτερο βαθμό από το “propensity”, τάση, ροπή, των ατόμων να ταυτοποιούνται και να αφοσιώνονται σε μια κοινωνική ομάδα, σε μια θρησκεία, μια ιδε-

ολογία, ένα έθνος κλπ., και να θεωρούν όλες τις άλλες ομάδες, έθνη κλπ., σαν εχθρούς. Έτσι οι διαφορές μέσα στο ανθρώπινο είδος είναι πιο ζωτικές απο τις ομοιότητες και πιο σημαντικές από τις διαφορές με άλλα είδη. Το αποτέλεσμα αυτής της τρομερής μοναδικότητας του ανθρώπου, είναι οι πόλεμοι μέσα στο είδος, η πλήρης έλλειψη αισθήματος ενότητας σαν είδος και σαν συνέχεια, η έλλειψη παγκόσμιας θέλησης (6,7,8).

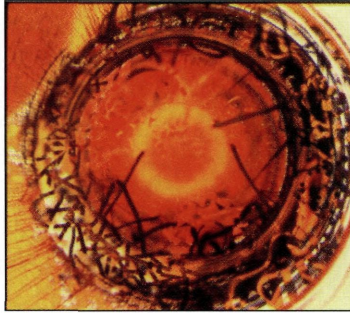
Η προοπτική της ανθρώπινης καταστροφής με τον υπερπληθυσμό, την καταστροφή του περιβάλλοντος και τους σύγχρονους πολέμους δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί με απαρχαιωμένες φιλοσοφικές, βιολογικές και θρησκευτικές αντιλήψεις. Τέτοιες απαρχαιωμένες αντιλήψεις εξηγούν τα πεινχρά αποτελέσματα του παγκόσμιου συνεδρίου στο Rio di Janeiro το 1992 και στο Κάιρο το 1994. Χρειάζονται σύγχρονες βιολογικές και φιλοσοφικές θέσεις και ίσως χρειάζεται ένας νέος διεπιστημονικός οργανισμός αποκλειστικά αφοσιωμένος στη μελέτη των μεθόδων πρόληψης της εξαφάνισης του ανθρώπινου είδους. Αυτός ο οργανισμός θα πρέπει να έχει τη φιλοδοξία να επιτύχει εκεί που απέτυχαν παταγωδώς όλες οι θρησκείες και όλες οι ιδεολογίες διαμέσου των αιώνων – να βρεί τον τρόπο που θα ενώσει το ανθρώπινο είδος (7,8). Είναι κάτι τέτοιο ρεαλιστικό ή είναι εντελώς ουτοπιστικό; Η Lynn Margulis (15), που επινόησε τη θεωρία της “Συμβίωσης” προσεγγίζοντας με μια νέα αντίληψη της βιολογικής εξέλιξης, υποστηρίζει ότι: “για να επιζήσουμε από την κοινωνική και οικολογική κρίση που εμείς οι ίδιοι έχουμε προκαλέσει, μπορεί να υποχρεωθούμε σε μια εντυπωσιακή νέου είδους περιπέτεια συνεργασίας. Ίσως αναγκαστούμε να προχωρήσουμε σε μια ενότητα του ανθρώπινου είδους που μέχρι τώρα είχαν οραματισθεί μόνο οι θρησκείες” και επίσης ότι: “τα αρχικά βακτηρίδια όταν αντιμετώπισαν την κρίση οξυγόνου ‘συνειδητοποιήσαν’ το ίδιο γεγονός: συνεργασία ή καταστροφή”.

“Τα πάντα εν Σοφία Εποίησες” είναι μόνο μερικώς ορθό και το “ώριμο” ανθρώπινο είδος πρέπει τώρα να το κατανοήσει και να το αποδεχθεί. Υπάρχει ένα παρανοϊκό στοιχείο στην ανθρώπινη συμπεριφορά και την ανθρώπινη ιστορία και δεν μπορούμε να περιμένουμε πια αυτόματες μεταλλάξεις που μπορεί να το διορθώσουν. Η φύση δεν μπορεί να μας σώσει. Ανήκει στην Ιατρική, τη Φιλοσοφία και τις άλλες Επιστήμες ο ρόλος της μελέτης αυτού του παρανοϊκού στοιχείου σε μια προσπάθεια ανεύρεσης μεθόδων “θεραπείας” του. Αυτός πρέπει να είναι ο πιο σημαντικός στόχος μας (8).

Βιβλιογραφία

- 1) Razis DV. Ethics and the Universality of Morality. *Quality Assurance in Health Care* 1990;2:369-373
- 2) History of Ethics. *Encyclopaedia Britannica* 1971;8:762-80, William Benton, London
- 3) Ethics Comparative. *Encyclopaedia Britannica*, 1971;8:756-62, William Benton, London
- 4) Ethics. *Encyclopaedia Britannica* 1971;8:752-56, William Benton, London
- 5) Timmer E. Medical ethics and evolution. *J R Soc Med* 1994;87:250-52
- 6) Koestler A. *The Ghost in the Machine*. Danube edn. 1979, Hutchinson, London
- 7) Razis DV. A new role for medicine. *J R Soc Med* 1994;87:190-92
- 8) Razis DV. Modern Cassandras and our survival as a species - a new role for medicine? *J R Soc Med* 1989;82:575-76
- 9) Nicolis JS. *Chaos and Information Processing*: World Scientific Publishers 1991.
- 10) Ehrlich PR, Ehrlich AH. *The Population Explosion*. Simon and Schuster 1990, New York
- 11) Keyfitz N. Are there ecological limits to population? *Proc Natl Acad Sci* 1993;90:6895-9, U.S.A.
- 12) Wilbush J. *Impact Management, Worst Scenario: Possible Technological Strategic Options. Technology Analysis and Strategic Management* 1990;2:27-38
- 13) Maclean PD. *Contrasting functions of limbic and neocortical systems of the brain and their relevance to psychophysiological aspects of medicine*. *Am J Med* 1958;25:611-26
- 14) Oliver JE. The big squeeze. *THE SCIENCES* 1991, p. 23-28
- 15) Margulis L, Sagan D. *Microcosmos*. New York; New American Library 1974

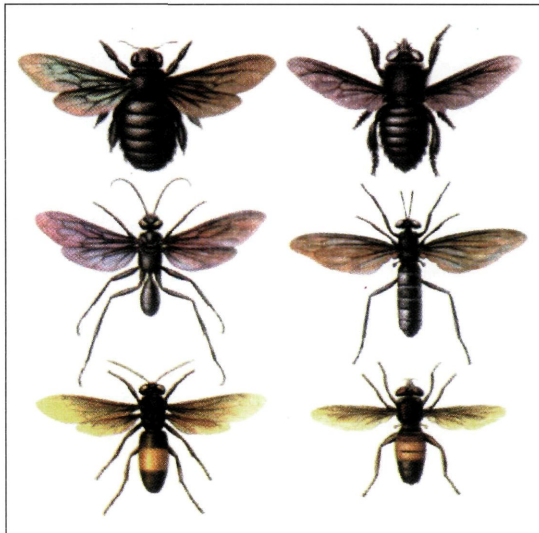
Έγχρωμη φωτογραφία από την ομιλία του κ. Κ.Ε. Σέκερη



Εικόνα 1

Το “Big Bang” όπως το φαντάζεται ο Τάκης Κατσουλίδης

Έγχρωμη φωτογραφία από την ομιλία του κ. Κ.Β. Κριμπά



Εικόνα 1

Τρεις περιπτώσεις μμικρίας του Bates.

ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ

Βασιλέως Κωνσταντίνου 48, 116 35 Αθήνα, Τηλ.: 7229811, Fax: 7246618

ISBN: 960-7094-69-7
