

# Πρόλογος

ROLF ZINKERNAGEL

ΒΡΑΒΕΙΟ NOBEL ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ & ΙΑΤΡΙΚΗΣ 1996

Μέσα από τα 19 δοκίμια αυτού του βιβλίου, ο Gottfried Schatz μάς ταξιδεύει για τρίτη φορά στο απέραντο βασίλειο της φύσης, σ' έναν «κήπο γεμάτο θαύματα», τον κήπο της βιολογίας – εκεί όπου μας έχει ήδη ταξιδέψει με τα δύο προηγούμενα βιβλία του, το *Jenseits der Gene*\* και το *Feuersucher*. Μερικές από τις ιδιότητες της φύσης τις γνωρίζουμε ήδη πολύ καλά ή τουλάχιστον νομίζουμε πως τις γνωρίζουμε, θεωρώντας μάλιστα ότι είναι ακριβώς όπως τις αντιλαμβανόμαστε. Σχετικά με κάποιες άλλες ιδιότητες διαφωνούμε μεταξύ μας και για κάποιες τρίτες διατηρούμε επιφυλάξεις. Όπως στα παραμύθια η ιστορία αρχίζει πάντα με τη φράση «Μια φορά κι έναν καιρό», έτσι και στα δοκίμια του Gottfried Schatz η προσέγγιση του θέματος ξεκινά πάντα με μια παρατήρηση ή μια ερώτηση. Ο συγγραφέας περιγράφει τα θέματά του παραθέτοντας τόσο τον τρόπο με τον οποίο τα αντιλαμβανόμασταν παλαιότερα όσο και τις γνώσεις που έχουμε σήμερα πάνω σ' αυτά, δίνοντας

---

\* Κυκλοφόρησε στα ελληνικά το 2011 από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, με τίτλο *Πέρα απ' τα γονίδια*.

έτσι τη δυνατότητα και σ' εμάς τους αναγνώστες να συμμετάσχουμε στην εξερεύνηση του μυστηρίου των φαινομένων της φύσης. Τα δοκίμιά του στηρίζονται σε αληθινά περιστατικά, σε ανακοινώσεις ή ειδήσεις που ο συγγραφέας «σκηνοθετεί» μ' έναν τρόπο τόσο ελκυστικό, ώστε να μας παρασύρει να βιώσουμε ολοζώντανα κάθε δοκίμιο μέσα από εικόνες, όπως θα κάναμε αν ακούγαμε κάποιον να μας διηγείται το παραμύθι της χρυσομαλλούσας Ραπουνζέλ. Και καταπώς συμβαίνει στα παραμύθια, έτσι κι εδώ, επειδή οι ιστορίες είναι τόσο απλές, τόσο σύντομες και τόσο ξεκάθαρες, μπορούμε να τις κατανοήσουμε εύκολα και να τις διηγηθούμε με τη σειρά μας χωρίς δυσκολία. Είναι «αληθινές» ιστορίες, με περιεχόμενο ευρύτερα αποδεκτό και κατανοητό, που όμως αφήνουν πάντα ένα αναπάντητο ερώτημα να αιωρείται στο τέλος κάθε κεφαλαίου.

Ο σερ Peter Medawar, σπουδαίος άγγλος βιολόγος, διακρίνει δύο εντελώς διαφορετικές κατηγορίες επιστημόνων: στη μία ανήκουν εκείνοι που παρατηρούν ένα φυσικό φαινόμενο ή μια ασθένεια και αποφασίζουν να ανασκουμπωθούν για να καταφέρουν ίσως μια μέρα, ύστερα από αδιάκοπη έρευνα, να το κατανοήσουν. Στην άλλη κατηγορία επιστημόνων ανήκουν εκείνοι που θέτουν ένα θεωρητικό ερώτημα και κατόπιν προσπαθούν να αποδείξουν πειραματικά τη θεωρία που το διέπει («beginning for the question»). Ο Gottfried Schatz ανήκει στην πρώτη κατηγορία: προτάσσει πάντα την παρατήρηση, το ερώτημα, εκείνο που μοιάζει ανεξήγητο, και προχωρά σιγά σιγά προς τη λύση του με τη βοήθεια πειραμάτων, αναλύσεων, προτάσεων, υποθέσεων, και κυρίως με τη βοήθεια της κοινής λογικής. Δίνει κατ' αυτόν τον τρόπο την ευκαιρία στον αναγνώστη

να μπορέσει κι εκείνος να παρακολουθήσει –με τη δική του λογική– τον δύσβατο αλλά τόσο συναρπαστικό δρόμο που ακολουθεί ένας ερευνητής φυσικών επιστημών, προσφέροντάς του ταυτόχρονα τη δυνατότητα να διευρύνει τις γνώσεις του και να συμμετάσχει στην αναζήτηση της σωστής απάντησης πάνω στο ερώτημα.

Από τα φυσικά φαινόμενα και τη δουλειά του στον χώρο της έρευνας, ο συγγραφέας αντλεί τις αμέτρητες ερωτήσεις γύρω από τη φύση και τον άνθρωπο, τις οποίες «μεταφράζει» με θαυμάσιο τρόπο σε μια γλώσσα εύληπτη και κατανοητή για τον αναγνώστη. Πού να οφείλει άραγε αυτή του την ικανότητα ο Gottfried Schatz; Στην ευρύτητα των γνώσεών του, στη σχέση του με τη μουσική ή στο αφηγηματικό ταλέντο κάποιων προγόνων του; Όπως και νά 'χει, γεγονός παραμένει ότι κάθε δοκίμιο αυτού του βιβλίου αποτελεί ένα μικρό έργο τέχνης που μας συνεπαίρνει, μας μαθαίνει καινούργια πράγματα και γι' αυτό μας κάνει να νιώθουμε όμορφα. Απολαύστε, λοιπόν, το ταξίδι σας σ' αυτό τον κήπο τον γεμάτο θαύματα, τον κήπο της βιολογίας.

R.Z.

## Η μικρή ζεστή λιμνούλα

Τι μας αποκαλύπτουν οι αρχέγονοι μονοκύτταροι οργανισμοί για την εμφάνιση της ζωής στη Γη

---

Δεν γνωρίζουμε πώς εμφανίστηκε η ζωή πάνω στη Γη ούτε πώς δημιουργήθηκαν τα πρώτα έμβια όντα. Πιθανότατα, ωστόσο, να έμοιαζαν με τους «πρωτόγονους» μονοκύτταρους οργανισμούς που ζουν σήμερα μέσα στα κοχλάζοντα θειούχα νερά διαφόρων θερμοπηδάκων (γκέιζερ), καθώς και σε υποθαλάσσιες ρωγμές του γήινου φλοιού.

---

« Από πού ερχόμαστε;». Αυτή η ερώτηση ταλανίζει τους ανθρώπους εδώ και αιώνες, εντούτοις για πάρα πολλά χρόνια απάντηση μπορούσαν να δώσουν μόνον οι μύθοι και τα ιερά βιβλία. Όταν όμως οι βιολόγοι άρχισαν να μελετούν με προσοχή την τεράστια ποικιλία της ζωής στη Γη, διαπίστωσαν ότι αυτή δεν ήταν κάτι που είχε δημιουργηθεί άπαξ διά παντός, αλλά ότι διάφορες μορφές ζωής μετατρέπονταν διαρκώς σε νέες. Σ' αυτό το φυλογενετικό δέντρο των εμβίων όντων εμείς οι άνθρωποι δεν είμαστε παρά ένα μικρό κλαδάκι, που μάλιστα εμφανίστηκε σχετικά αργά. Μέχρι πού φτάνουν άραγε οι «ρίζες» αυτού του δέντρου; Και πώς να ξεκίνησε η ζωή στη Γη;

Αυτές τις ερωτήσεις μάλλον δεν θα καταφέρουμε ποτέ να τις απαντήσουμε με απόλυτη βεβαιότητα. Ωστόσο, είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι ζωή εμφανίστηκε στον πλανήτη μας λίγο μετά τη δημιουργία του. Κι ακόμη, ότι λίγο πιο πριν, ένας πλανήτης που είχε ξεφύγει από την τροχιά του είχε συγκρουστεί βίαια με τη Γη, μετατρέποντάς τη σε μια λευκή φλεγόμενη σφαίρα. Από ένα κομμάτι της Γης που αποσπάστηκε από τη σφοδρή αυτή σύγκρουση γεννήθηκε η Σελήνη. Στα επόμενα εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, μετεωρίτες έπεφταν πάνω στη Γη με τρομακτική ορμή, σφυρηλατώντας στην επιφάνειά της αμέτρητους κρατήρες. Οι περισσότεροι απ' αυτούς ισοπεδώθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Όταν πριν από 3,6 με 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια επικράτησε επιτέλους ηρεμία, η ζωή είχε ήδη αρχίσει να κάνει την εμφάνισή της. Άραγε λειτούργησαν αυτοί οι κρατήρες ως ένα είδος τεράστιων δοκιμαστικών σωλήνων μέσα στους οποίους δημιουργήθηκε ζωή από ανόργανη ύλη; Και μήπως τελικά ο Παράδεισος των Πρωτοπλάστων έμοιαζε κάτω απ' αυτές τις συνθήκες περισσότερο με την Κόλαση;

Σε κάθε περίπτωση, είναι γεγονός ότι σήμερα οι πλέον αρχέγονοι από τους οργανισμούς που γνωρίζουμε ζουν στα κοχλάζοντα νερά θερμοπιδάκων (γκέιζερ) και σε θειοπηγές, καθώς και σε διάκενα σε βάθος χιλιομέτρων μέσα στη Γη. Όμως ο πιο ακραίος βιότοπος τέτοιων αρχέγονων οργανισμών είναι ρωγμές στον πυθμένα της θάλασσας, από τις οποίες αναβλύζει καυτό νερό με θερμοκρασία που φτάνει τους 500 βαθμούς Κελσίου. Από την επαφή αυτού του νερού (που λόγω της υψηλής πίεσης δεν κοχλάζει) με το παγωμένο νερό του θαλάσσιου πυθμένα παράγονται μεταλλ-

λικά άλατα ευδιάλυτα στο νερό, τα οποία κινούνται προς τα πάνω σαν πυκνός καπνός, δίνοντας έτσι σ' αυτές τις ρωγμές το όνομα «μαύροι καπνιστές» (black smokers). Μέσα σε τούτο το ανήλιαγο υπόγειο περιβάλλον, που το χαρακτηρίζουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες και έντονη χημική δράση, συνωστίζονται οι πιο πρωτόγονοι και ανθεκτικοί μικροοργανισμοί απ' όσους γνωρίζουμε μέχρι σήμερα. Μερικοί απ' αυτούς είναι πιο μικροί από το μήκος κύματος του πράσινου φωτός, άλλοι χρησιμοποιούν για τον μεταβολισμό τους το μέταλλο βολφράμιο, που πολύ σπάνια συναντάμε στα κύτταρα, πολλοί πολλαπλασιάζονται μόνο στους 100 βαθμούς Κελσίου, δραστηριότητα που σταματά όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 80-90 βαθμούς Κελσίου, ενώ κάποιοι άλλοι μπορούν να επιζήσουν σε θερμοκρασίες έως και 130 βαθμών Κελσίου. Και εδώ ακριβώς τίθεται ένα ερώτημα που παραμένει ακόμη αναπάντητο: γιατί οι πρωτεΐνες των οργανισμών αυτών αντέχουν τόσο πολύ στις υψηλές θερμοκρασίες παρότι είναι όμοιες με τις δικές μας; Στο μικροσκοπιο τούτοι οι οργανισμοί μοιάζουν με βακτήρια, στην πραγματικότητα όμως ελάχιστα κοινά στοιχεία έχουν μαζί τους. Γι' αυτό και τους ταξινομούμε φυλογενετικά στην κατηγορία των αρχαίων (άλλοτε τα ονομάζαμε αρχαιοβακτήρια). Το γενετικό τους υλικό μαρτυρεί ότι ανήκουν στο πιο χαμηλό κλαδί του φυλογενετικού δένδρου των οργανισμών. Προφανώς είναι οι πιο στενοί επιζώντες συγγενείς του άγνωστου πρωταρχικού έμβριου όντος από το οποίο προέρχονται όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί πάνω στον πλανήτη μας.

Ο μεταβολισμός αυτών των μονοκύτταρων οργανισμών παραπέμπει στην προέλευσή τους από ένα περιβάλλον αρχέγονο και ηφαιστειογενές. Πολλοί παίρνουν την

ενέργεια που χρειάζονται για την επιβίωσή τους μέσα από γεωχημικούς μηχανισμούς, και όχι από το ηλιακό φως ή τη βιομάζα. Σε αντίθεση δηλαδή με τα περισσότερα έμβια όντα σήμερα, δεν είναι παιδιά του φωτός, αλλά δημιουργήματα του «Κάτω Κόσμου». Τούτοι οι οργανισμοί ανακαλύφθηκαν στο χρυσωρυχείο Mponeng της Νότιας Αφρικής, ένα από τα βαθύτερα ορυχεία στον κόσμο, μέσα σε καυτό νερό ηλικίας 20 εκατομμυρίων ετών. Αυτοί οι κάτοικοι του Άδη χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας αέριο υδρογόνο και θειούχα άλατα, από τα οποία παράγουν μια δύσοσμη χημική ένωση, το υδρόθειο. Το αέριο υδρογόνο σχηματίζεται από τη δράση του καυτού νερού πάνω σε βασάλτη πλούσιο σε σίδηρο. Μπορούμε, λοιπόν, να πούμε πως η ζωή πάνω στη Γη «τρέφεται» με τον αέρα και το φως, ενώ η ζωή στο εσωτερικό της Γης «τρέφεται» με νερό και πετρώματα.

Παρόλο που αυτοί οι μονοκύτταροι οργανισμοί στα έγκατα της Γης δεν αντιμετωπίζουν εμφανώς έλλειψη πηγών ενέργειας, αυξάνονται δισεκατομμύρια φορές πιο αργά από τους περισσότερους άλλους μικροοργανισμούς. Φαίνεται ότι τους λείπει το άζωτο, στοιχείο απαραίτητο στην πορεία των βιολογικών διεργασιών, το οποίο είναι σπάνιο και στην επιφάνεια της Γης. Πόσοι οργανισμοί «περιφέρονται» άραγε στα βάθη της Γης ή πάνω σε άλλους πλανήτες και φεγγάρια του ηλιακού μας συστήματος που σ' εμάς παραμένουν άγνωστοι; Αν ποτέ ανακαλύψουμε ζωή σε άλλον πλανήτη του ηλιακού μας συστήματος, η πιθανότητα να μοιάζει σ' αυτές τις μορφές ζωής τις οποίες συναντάμε σήμερα στα βάθη του γήινου φλοιού και στις ρωγμές των θαλάσσιων πυθμένων είναι αρκετά μεγάλη.

Συχνά λησμονούμε πόσο ατελής και διαφορετική από την πραγματικότητα είναι η εικόνα που σχηματίζουμε μέσα από τις αισθήσεις μας σχετικά με τη ζωή πάνω στη Γη. Συγκεκριμένα, πάνω από το μισό της ολικής βιομάζας του πλανήτη μας είναι βακτήρια και αρχαία, τα περισσότερα από τα οποία μας είναι ακόμη άγνωστα. Μέχρι σήμερα έχουμε ταυτοποιήσει λιγότερα από 10.000 είδη, δηλαδή ούτε το ένα χιλιοστό των 10 εκατομμυρίων ειδών που πιθανότατα υπάρχουν. Και ένα μόνο απ' αυτά θα μπορούσε – με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του – να ανατρέψει πλήρως τις απόψεις μας για την εμφάνιση της ζωής πάνω στη Γη.

Το πόσο περιορισμένες είναι οι γνώσεις μας πάνω στο συγκεκριμένο θέμα το μαρτυρούν αδιάφυστα οι δειγματοληψίες μιας ομάδας αμερικανών βιολόγων που πραγματοποιήθηκαν στα νερά διαφόρων θαλάσσιων περιοχών της Γης κατά τη διάρκεια ενός διετούς εξερευνητικού ταξιδιού. Το 2003, χρησιμοποιώντας μια ιδιωτική θαλαμηγό την οποία είχαν εξοπλίσει κατάλληλα, οι ερευνητές ξεκίνησαν το ταξίδι τους από το Χάλιφαξ στην ανατολική ακτή της Βόρειας Αμερικής και έφτασαν μέσω της Διώρυγας του Παναμά στον Ειρηνικό Ωκεανό. Από εκεί, περνώντας από τα νησιά Γκαλάπαγκος, έφτασαν μέχρι την Πολυνησία. Στη διάρκεια του ταξιδιού τους συνέλεξαν δείγματα νερού κάθε 320 χιλιόμετρα και ανέλυαν το γενετικό υλικό των μικροοργανισμών κάθε δείγματος, εφαρμόζοντας μια μέθοδο ταυτοποίησης που είναι γρήγορη, ακριβής και δεν απαιτεί κοπιαστικές διαδικασίες για την καλλιέργεια των μικροοργανισμών. Το αποτέλεσμα ξάφνιασε ακόμα και τους ίδιους τους ερευνητές: σε θαλάσσιο νερό με όγκο όσο ένα κουτα-



λάκι του γλυκού προσδιόρισαν εκατομμύρια βακτήρια, καθώς και 10πλάσιους έως 20πλάσιους ιούς βακτηρίων. Η «λεία» αυτής της εξερευνητικής εξόρμησης ήταν ένας απίστευτα μεγάλος αριθμός από νέα γονίδια και είδη μικροοργανισμών. Και να φανταστεί κανείς ότι οι δειγματοληψίες προέρχονταν μόνον από την επιφάνεια της θάλασσας. Ποιος ξέρει άραγε τι μυστικά κρύβουν τα σκοτεινά βάθη των ωκεανών;

Σ' ένα γράμμα του προς τον βοτανικό Joseph Hooker, ο Δαρβίνος διατύπωσε την υπόθεση ότι η ζωή θα μπορούσε να έχει αρχίσει από «μια μικρή ζεστή λιμνούλα». Μετριόφρων καθώς ήταν, συμπλήρωσε όμως το εξής: «Προς το παρόν είναι τόσο ανόητο να κάνει κανείς υποθέσεις για την προέλευση της ζωής όσο θα ήταν το να κάνει υποθέσεις για την προέλευση της ύλης». Ωστόσο, από τότε μέχρι σήμερα τολμήσαμε να καταπιαστούμε και με τα δύο, να ασχοληθούμε τόσο με την προέλευση της ζωής όσο και με την προέλευση της ύλης, καταφέροντας να αποκτήσουμε συγκλονιστικές γνώσεις για την προέλευση του σύμπαντος και του ανθρώπου. Μία απ' αυτές τις γνώσεις είναι πως η «μικρή ζεστή λιμνούλα» του Δαρβίνου ήταν πιθανότατα ένας από τους κοχλάζοντες κρατήρες που αναφέρονται στην αρχή του κεφαλαίου και ότι η ζωή που δημιουργήθηκε εκεί μέσα προσαρμόστηκε κατά τη διάρκεια των δισεκατομμυρίων ετών που ακολούθησαν, στις χαμηλότερες θερμοκρασίες μιας Γης που γινόταν ολοένα γηραιότερη. Η ερώτηση «από πού ερχόμαστε;» εξακολουθεί να αναζητά ξεκάθαρη απάντηση. Ωστόσο, αυτό καθόλου δεν με στενοχωρεί. Γιατί ένας από τους λόγους που κάνουν τη ζωή τόσο συναρπαστική είναι κι ετούτος, ότι δηλαδή γνωρίζουμε ακόμη τόσο λίγα γι' αυτήν...

## Η φλόγα από το σύμπαν

Πώς κατάφερε η ζωή να δαμάσει τη φλόγα που έφτασε  
στη Γη από το σύμπαν

---

Η καύση της τροφής θέτει σε λειτουργία μικροσκοπικούς μοριακούς κινητήρες που βρίσκονται μέσα στα μιτοχόνδρια, τα αναπνευστικά όργανα των κυττάρων μας. Οι μοριακοί αυτοί κινητήρες παράγουν μια χημικά δραστική ουσία χάρη στην οποία μεταφέρεται όπου χρειάζεται στον οργανισμό μας η ηλιακή ενέργεια που δεσμεύεται από τα φυτά.

---

Πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια ένα καινούργιο ουράνιο σώμα έπαιρνε μορφή από τα αέρια και τη σκόνη του γαλαξία μας. Τα υλικά αυτά είχαν τόσο υψηλές θερμοκρασίες, ώστε να προκληθεί σύντηξη ατομικών πυρήνων και απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας υπό μορφή θερμότητας και φωτός. Έτσι γεννήθηκε ο Ήλιος. Η ύλη από την οποία σχηματίστηκε περιείχε τη στάχτη των αστεριών που πριν από δισεκατομμύρια χρόνια είχαν σβήσει ή εκραγεί, εκτοξεύοντας τα θραύσματά τους στα βόθρα του σύμπαντος.

Κατά τη διάρκεια της γέννησης του Ήλιου, ένα μέρος της κοσμικής ύλης τράβηξε τον δικό του δρόμο και, αφού

συμπυκνώθηκε, σχημάτισε τους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος. Σε έναν απ' αυτούς εμφανίστηκε σύντομα ζωή. Τούτος ο πλανήτης ήταν η Γη μας και οι πρώτες μορφές ζωής που εμφανίστηκαν πάνω του έπαιρναν την ενέργεια που χρειάζονταν για να ζήσουν πιθανόν από τη διάσπαση οργανικών ουσιών. Κάπως έτσι κάνουν σήμερα τα κύτταρα ζύμης, τα οποία παράγουν από τη ζάχαρη οινόπνευμα (αλκοόλη) και διοξείδιο του άνθρακα. Η αλκοολική ζύμωση παράγει μεν μικρές ποσότητες ενέργειας, δεν απαιτεί όμως οξυγόνο, το οποίο δεν υπήρχε στην ατμόσφαιρα της νεαρής Γης. Όταν, με την πάροδο του χρόνου, άρχισαν να εξατμούνται οι απαραίτητες για την αλκοολική ζύμωση ουσίες, εμφανίστηκε ένα νέο είδος οργανισμού, το οποίο είχε την ικανότητα να «τρέφεται» από το φως του Ήλιου, αξιοποιώντας έτσι την ανεξάντλητη ενέργεια των ατόμων του ηλιακού φωτός.

Αυτοί οι φωτοτροφικοί οργανισμοί παρήγαγαν, κατά τη νικηφόρα προέλασή τους, οξυγόνο από τα μόρια νερού, προκαλώντας έτσι μία από τις μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές του πλανήτη μας: το οξυγόνο είναι τοξική ουσία, καθώς με την οξείδωση καταστρέφει πολλά από τα δομικά συστατικά των κυττάρων μας. Η ανεξάντλητη ευρηματικότητα της φύσης κατάφερε, ωστόσο, να φέρει στο προσκήνιο νέους οργανισμούς. Αυτοί μπορούσαν όχι μόνο να προστατευθούν από το θανατηφόρο αέριο, αλλά και να μάθουν τελικά να το χρησιμοποιούν προς όφελός τους, καίγοντας με τη βοήθειά του τα υπολείμματα άλλων οργανισμών προκειμένου να εξασφαλίζουν την απαραίτητη ενέργεια για να ζήσουν. Η ζωή είχε ανακαλύψει την κυτταρική αναπνοή και είχε έτσι καταφέρει να δαμάσει τη φωτιά.

Αυτή η φωτιά εντούτοις δεν ήταν καμιά τρομαχτική πυρκαγιά κατά την οποία ηλεκτρόνια (αρνητικά φορτισμένα σωματίδια) μεταπηδούσαν από το υλικό καύσης κατευθείαν στο οξυγόνο. Ήταν μια φωτιά χαλιναγωγημένη που ανάγκαζε τα ηλεκτρόνια στην πορεία τους προς το οξυγόνο να περνούν μέσα από μια αλυσίδα πρωτεϊνών και να παράγουν χρήσιμο έργο αντί για φλόγες. Οι κυτταρικές «φωτίτσες» που άρχισαν έτσι να τρεμοσβήνουν παντού πάνω στον πλανήτη μας ήταν παιδιά του Ήλιου: το υλικό καύσης και το οξυγόνο ήταν στην πραγματικότητα αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια.

Παρ' όλα αυτά, δεν κατάφεραν όλοι οι οργανισμοί να υιοθετήσουν τον μηχανισμό της κυτταρικής αναπνοής, με αποτέλεσμα οι μορφές που δεν μπορούσαν να «αναπνεύσουν» να αρχίσουν να προσεταιρίζονται όσες είχαν την ικανότητα να το κάνουν, να τις χρησιμοποιούν ως εργοστάσια παραγωγής της δικής τους ενέργειας και, σε αντάλλαγμα, να τους προσφέρουν ένα περιβάλλον αυξημένης προστασίας και καλύτερης διαφύλαξης του γενετικού τους υλικού. Φαίνεται πως οι ξένοι εργάτες που προσέφεραν την αναπνοή τους στα κύτταρα που δεν ανέπνεαν ήταν πολύ ευχαριστημένοι με τη νέα κατάσταση και προσαρμόστηκαν τόσο καλά στο ασφαλές περιβάλλον του οικοδεσπότη τους, που σύντομα δεν μπορούσαν πια να ζήσουν χωρίς αυτόν. Ως εκ τούτου έγιναν τα αναπνευστικά όργανα του κυττάρου-οικοδεσπότη και είναι σήμερα εκείνα τα οργανίδια του κυττάρου που ονομάζουμε μιτοχόνδρια. Αναλαμβάνοντας με το πέρασμα του χρόνου ολοένα περισσότερες από τις λειτουργίες του «κυτταρικού γίγνεσθαι» του κυττάρου-οικοδεσπότη (ξενιστή), κατόρθωσαν να του γίνουν τόσο απαραίτητα,

ώστε ούτε κι εκείνος να μπορεί πλέον να ζήσει χωρίς αυτά. Από τούτη τη συμβίωση δημιουργήθηκε ένα νέο είδος κυττάρου που διέθετε «εργοστάσια» παραγωγής ενέργειας και γενετικό υλικό προερχόμενο από δύο διαφορετικούς οργανισμούς. Τώρα πια η φύση είχε στη διάθεσή της το δομικό υλικό που της ήταν απαραίτητο για να μπορέσει να δημιουργήσει πιο σύνθετους οργανισμούς, όπως τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους. Καθένα από τα 10.000 δισεκατομμύρια κύτταρα του οργανισμού μου προέρχεται από τη συνένωση των δύο αυτών μορφών αρχέγονων αερόβιων και αναερόβιων κυττάρων, από τα οποία πριν από 1,5 δισεκατομμύριο χρόνια προέκυψε το «σύγχρονο» κύτταρο.

Το σύγχρονο κύτταρο είναι περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερο από το κύτταρο ενός βακτηρίου, έχει ιδιαίτερα περίπλοκη εσωτερική δομή, με πολλά χωριστά τμήματα, και οι ενεργειακές του απαιτήσεις είναι τόσο μεγάλες που σε καμιά περίπτωση δεν θα μπορούσαν να καλυφθούν από τα πενιχρά ποσά ενέργειας που παρήγε η ζυμωτική δράση των αρχέγονων κυττάρων. Γι' αυτό, τα σύγχρονα κύτταρα προμηθεύονται το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρειάζονται για να ζήσουν από τα μιτοχόνδριά τους.

Και τώρα τίθεται το ερώτημα, πώς φτάνει αυτή η ενέργεια από τον τόπο παραγωγής της μέχρι το σημείο όπου το κύτταρο πρέπει να τη χρησιμοποιήσει. Κατά την εξέλιξη των έμβιων όντων δημιουργήθηκε μια υδατοδιαλυτή ουσία που μπορεί να μεταφέρει ενέργεια μέσα στο κύτταρο. Αυτή η ουσία απαντά και σήμερα μέσα σε κάθε οργανισμό, έχοντας για τα έμβια όντα ρόλο εξίσου σημαντικό με τον ρόλο του ηλεκτρισμού στον τομέα της τεχνολογίας. Πρόκειται για ένα οργανικό μόριο που περιέχει μια αλυσίδα τριών φω-

σφορικών ομάδων και εμφανίζει έναν ιδιαίτερα περίτεχνο τρόπο δράσης. Οι χημικοί ονομάζουν αυτό τον μεταφορέα ενέργειας τριφωσφορική αδενοσίνη, σε σύντμηση ATP.

Η ATP δεν είναι παρά μια απλή λευκή σκόνη που από μόνη της δεν μπορεί να παράγει ενέργεια. Μόλις όμως βρεθεί στο νερό, αρχίζει να διασπάται με αργό ρυθμό, καθώς δύο από τις φωσφορικές ομάδες της αλυσίδας της αποσπώνται με παράλληλη έκλυση θερμότητας. Όμως τα κύτταρα ελάχιστα επωφελούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους από τη θερμότητα που εκλύει μια τόσο αργή χημική αντίδραση. Για τον λόγο αυτό, συνθέτουν ειδικές πρωτεΐνες (ένζυμα) που επιταχύνουν κατά 100.000 φορές την απόσπαση της εξωτερικής φωσφορικής ομάδας της ATP, απελευθερώνοντας με ταχύτατους ρυθμούς μεγάλα ποσά ενέργειας, τα οποία καταναλώνονται στις βιοχημικές διεργασίες των κυττάρων. Κατ' αυτό τον τρόπο, από ένα μόριο ATP παράγονται μία ελεύθερη φωσφορική ομάδα και ένα μόριο διφωσφορικής αδενοσίνης (σε σύντμηση ADP). Μέσα στο υγρό περιβάλλον του κυτταροπλάσματος, κάθε μόριο ATP δρα σαν κινητή χημική μπαταρία η οποία μπορεί να προσφέρει ενέργεια παντού ανά πάσα στιγμή – για τη συστολή ενός μυός, για τη διαίρεση ενός κυττάρου ή για τη μεταβίβαση του ηλεκτρικού σήματος ενός νευρικού κυττάρου. Η ATP, αφού προσφέρει την ενέργεια που περιέχει και μετατραπεί σε ADP, μετά την απόσπαση της τρίτης φωσφορικής ομάδας, μεταφέρεται στα μιτοχόνδρια. Εκεί, μέσω της κυτταρικής αναπνοής γίνεται επανασύνδεση της ελεύθερης φωσφορικής ομάδας με την ADP, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η επαναφόρτιση της μπαταρίας-ATP. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται αυτή η επα-