

“Η Μοριακή Βάση του Φαινομένου της Ζωής”

Ομιλητής: Κ. ΣΚΡΕΤΤΑΣ

(Τον ομιλητή προλόγισε και παρουσίασε στο ακροατήριο
ο Διευθύνων Σύμβουλος του Ιδρύματος Καθηγητής κ. Κ. Σέκερης)

Το φαινόμενο της ζωής είναι τόσο πολύπλοκο ώστε δε μπορεί να είναι κανείς βέβαιος ότι το κατανοεί επαρκώς ώστε να του δώσει και τον σωστό ορισμό. Ένας λίγο ως πολύ ατελής ορισμός βασιζόμενος στην περιγραφή των βασικότερων ιδιοτήτων των αντικειμένων τα οποία χαρακτηρίζονται ως ζώντα είναι ο εξής: “Ζωή είναι η ύπαρξη εξατομικευμένων οντοτήτων οι οποίες έχουν ημερομηνία λήξεως και έναν αριθμό κοινών χαρακτηριστικών, τα βασικότερα από τα οποία είναι: η ικανότητα να διατρέφονται, να αναπτύσσονται, να αναπαράγονται και να αντιδρούν σε ερεθίσματα”. Η ζωή και η πληθώρα των διεργασιών που τη χαρακτηρίζουν είναι το αντικείμενο της Βιολογίας. Η βιολογία ξεκίνησε σαν μια καθαρά περιγραφική επιστήμη, αλλά εδώ και εξήντα περίπου χρόνια άρχισε να χρησιμοποιεί τις μεθόδους της χημείας και των άλλων φυσικών επιστημών και έτσι από περιγραφική έχει μετατραπεί σε μοριακή ή μηχανιστική επιστήμη.

Επειδή λοιπόν θα μιλήσουμε για μόρια θα ήθελα να υπενθυμίσω σε όσους δε θυμούνται μερικές βασικές έννοιες της χημείας. Όπως οι λέξεις ενός κειμένου προκύπτουν από συνδυασμούς 24 το πολύ γραμμάτων, έτσι και τα υλικά αντικείμενα που μας περιβάλλουν είναι κατωμένα από ένα σχετικά μικρό αριθμό ειδών ύλης τα οποία ονομάζουμε **χημικά στοιχεία**. Τα χημικά στοιχεία είναι ασυνεχή, που σημαίνει ότι αποτελούνται από ξεχωριστές οντότητες τις οποίες ονομάζουμε **άτομα**. Τα άτομα ενός στοιχείου είναι όλα όμοια μεταξύ τους και διακρίνονται από τα άτομα των άλλων στοιχείων από τη μάζα τους, την ενέργειά τους και τον όγκο τους. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα άτομα των στοιχείων είναι απείρως μικρά αλλά αυτό δεν εμπόδισε την επιστήμη να προσδιορίσει με εκπληκτική ακρίβεια τη μάζα, την ενέργεια και τον όγκο των ατόμων. Τα άτομα των διαφόρων στοιχείων, πλην ορισμένων εξαιρέσεων, έχουν την τάση να ενώνονται σύμφωνα με ορισμένους κανόνες και να σχηματίζουν **μόρια**. Τα άτομα που σχηματίζουν μόριο προσδίδουν σ' αυτό μάζα, ενέργεια και όγκο. Ο ιδιαίτερος τρόπος με τον οποίο ενώνονται τα άτομα στο μόριο λέγεται δομή του μορίου. Είναι δηλαδή δυνατόν μια συγκεκριμένη ομάδα ατόμων να σχηματίσει ένα ή περισσότερα μόρια. Τα μόρια λοιπόν αυτά έχουν διαφορετική δομή. Για παραδειγμα, όπως τα γράμματα Α, Ε και Ν μπορούν να σχηματίσουν τις λέξεις ΕΝΑ και ΝΕΑ, έτσι και η ίδια ομάδα ατόμων μπορεί να σχηματίσει δυο ή περισσότερα μόρια. Τα μόρια συχνά αναφέρονται και ως χημικές **ενώσεις**. Μια άλλη έννοια που μας χρειάζεται είναι η έννοια του **μηχανισμού αντιδράσεως**. Σε μια χημική αντίδραση συγκρούονται δυο συνήθως μόρια και ανταλλάσσουν άτομα ή ομάδες ατόμων. Την πλήρη κατανόηση των όσων συμβαίνουν σε μια αντίδραση την ονομάζουμε **μηχανισμό της αντιδράσεως**. Ο μηχανισμός αντιδράσεως είναι αποτέλεσμα πειραματικών μετρήσεων σε συνδυασμό με αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων επι τη βάση ενός θεωρητικού προτύπου.

Έτσι, όταν λέμε ότι σήμερα η βιολογία είναι μοριακή ή μηχανιστική επιστήμη, εννοούμε ότι ασχολείται με τη μελέτη χημικών διεργασιών που συμβαίνουν στο κύτταρο, προσπαθώντας να διεκρινίσει τους μηχανισμούς αυτών των διεργασιών.

Και τώρα νομίζω ότι μπορούμε να μιλήσουμε στο κυρίως θέμα μας.

Ζωή και Χημεία του Άνθρακα

Το 1869 ανακαλύφθηκε μια κατηγορία οργανικών ενώσεων οι οποίες ονομάστηκαν νουκλεϊνικά οξέα. Το όνομά τους το οφείλουν στο γεγονός ότι απομονώθηκαν από πυρήνες κυττάρων. Έπειτα από μακροχρόνιες έρευνες χημικών και βιολόγων τα μόρια αυτά αναγνωρίστηκαν ως τα πιο θεμελιώδη συστατικά των ζώντων οργανισμών. Νομίζω ότι όλοι θα έχουμε ακούσει κάτι για το DNA, που είναι ακρωνύμιο του **δεσοξυριβονουκλεϊνικού οξέος**. Θα μπορούσε να πει κανείς απλά ότι το DNA είναι η ταινία πάνω στην οποία είναι γραμμένη η κληρονομικότητα. Ανάλυση των νουκλεϊνικών οξέων έδειξε ότι περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και φωσφόρο. Και επειδή τα προαναφερθέντα στοιχεία χαρακτηρίζονται από τη μικρή τους σχετικά μάζα, και λόγω της θεμελιώδους σημασίας των νουκλεϊνικών οξέων για τη ζωή, δεν θα ήταν υπερβολή να πούμε ότι η ζωή στον πλανήτη μας αποτελεί εκδήλωση της χημείας των ελαφρών στοιχείων και κυρίως του άνθρακα. Η χημεία της ζωής επιπλέον χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό βαθμό μοριακής πολυπλοκότητας. Και αυτό αν το δει κανείς από τη σκοπιά της πληροφορικής σημαίνει ότι η ζωή έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πληροφορίες. Αυτό ισχύει τόσο για τους πιο μικρούς ιούς όσο και για τους πλέον εξελιγμένους οργανισμούς: δηλαδή, όλα τα έμβια όντα θεμελιώνονται πάνω στα νουκλεϊνικά οξέα και τις πρωτεΐνες που είναι τα κατεξοχήν μόρια με πληθώρα πληροφοριών.

Όλα τα κύτταρα και οργανισμοί αποτελούν εκφράσεις των πληροφοριών που εμπεριέχονται στη δομή των γονιδίων τους, δηλαδή το DNA. Όλες αυτές οι πληροφορίες αφορούν άμεσα ή έμμεσα στην παραγωγή μορίων πρωτεΐνης. Επιπλέον, οι πληροφορίες αυτές καθορίζουν τη δομή των πρωτεϊνών, το χρόνο της εμφάνισής τους καθώς και την ταχύτητα σύνθεσής τους. Έτσι, η γενετική κληρονομία κάθε έμβιου είδους αποτελεί μια ομάδα προδιαγραφών οι οποίες είναι κωδικοποιημένες στο DNA, για τη σύνθεση μιας σειράς ενζύμων και άλλων πρωτεϊνικών μορίων. Όλα λοιπόν τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού, δηλαδή, η δομή, η ανάπτυξη, ο μεταβολισμός και η συμπεριφορά είναι γενετικός καθορισμένα.

Και τώρα ας δούμε πως δημιουργείται ο γενετικός κώδικας.

Οι πληροφορίες που περιέχονται στα γονίδια δημιουργούνται από τυχαίες μεταλλάξεις στο DNA, ύστερα από φυσική επιλογή. Οι γενετικές, λοιπόν, προδιαγραφές αποτελούν προϊόν εξέλιξης, δηλαδή, αρχείο στο οποίο καταγράφονται οι κατά καιρούς ανακαλυφθέντες τρόποι επιβίωσης όταν το είδος διέτρεχε κινδύνους αφανισμού κατά τη μακρά ιστορία της ύπαρξής του. Το ό,τι λοιπόν σήμερα υπάρχει ένας σχεδόν αλάνθαστος μηχανισμός αναδιπλασιασμού των νουκλεϊνικών οξέων και μέσω αυτών μηχανισμός σύνθεσης πρωτεϊνών, αυτό είναι αποτέλεσμα εξέλιξης και φυσικής επιλογής. Επειδή η γενετική ιδιότητα είναι ο κοινός παρονομαστής όλων των αντικειμένων τα οποία χαρακτηρίζουμε ως ζώντα, είναι αυτή η ιδιότητα η οποία θεμελιωδώς ξεχωρίζει τη ζωή από την ανόργανο ύλη.

Όμως πίσω από την ικανότητα δημιουργίας, αποθήκευσης, αναπαραγωγής και χρησιμοποίησης μεγάλου αριθμού πληροφοριών κρύβεται μια μοριακή πολυπλοκότητα η οποία είναι γνωστή μόνο στις χημικές ενώσεις του άνθρακα. Τα άτομα του άνθρακα έχουν την ιδιορρυθμία να ενώνονται μεταξύ τους καθώς και με άτομα άλλων στοιχείων και να σχηματίζουν μακρές αλυσίδες. Αλλά εκείνη η ιδιότητα που κάνει τον άνθρακα τόσο απαραίτητο για τη ζωή είναι η καταλληλότητά του για την κατασκευή μεγάλων και πολύπλοκων μορίων και σε τεράστια ποικιλία, τα οποία αν και ασταθή θερμοδυναμικώς, είναι κινητικώς σταθερά. Ως παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος θα μπορούσε να αναφέρει κανείς την εκρηκτική γόμωση της χειροβομβίδας. Η χειροβομβίδα είναι ένα χημικό σύστημα με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο που του δίνει θερμοδυναμική αστάθεια, αλλά είναι κινητικώς σταθερό σύστημα. Και μόνον όταν μπει σε λειτουργία ο πυροκροτητής, εκδηλώνεται η θερμοδυναμική αστάθεια του συστήματος. Όπως καταλαβαίνεται λοιπόν, χωρίς αυτή τη θεμελιώδη ιδιότητα των μορίων που περιέχουν άνθρακα, ζωή δεν θα ήταν δυνατόν να υπάρξει.

Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως, ο γενετικός κώδικας αποτελεί καταγραφή λύσεων σε προβλήματα επιβίωσης, και ότι οι λύσεις αυτές επιτυγχάνονται με αλλαγές στο γενετικό κώδικα. Δηλαδή στην περίπτωση αυτή η μάχη για την επιβίωση δύνεται από ένα και μόνο είδος οργανισμού. Υπάρχει όμως και άλλος, οικονομικότερος τρόπος επιβίωσης, κατά τον οποίο δυο ή περισσότεροι οργανισμοί συμμαχούν για να δώσουν τη μάχη της επιβίωσης με μεγαλύτερη πιθανότητα νίκης. Αυτός ο τρόπος συμπληρωματικής επιβίωσης ονομάζεται **συμβίωση**.

Και για να κατανοήσουμε καλύτερα τη χημική διάσταση της συμβίωσης, και κατά συνέπεια της ζωής, θα ήθελα να σας αναφέρω μια ιστορία που τη γνώριζαν οι εντομολόγοι εδώ και εκατό και πλέον χρόνια. Άλλα η βιοχημική της ερμηνεία είναι αποτέλεσμα μόλις των τελευταίων ετών.

Πρόκειται για ένα είδος μυρμηγκιών που ζούν στα τροπικά δάση της Νότιας Αμερικής, γνωστά στους εντομολόγους με το όνομα Atta. Υπάρχουν πολλά είδη μυρμηγκιών Atta, και ενδεικτικά αναφέρω το είδος εκείνο που φέρει το όνομα **Μυκοκνπουρός**. Και πραγματικά, τα μυρμηγκία αυτά κάνουν εκείνο που δηλώνει το όνομά τους, δηλαδή καλλιεργούν την τροφή τους που είναι ένα συγκεκριμένο είδος μυκήτων. Οι μύκητες καλλιεργούνται συνήθως πάνω σε κομμάτια φύλλων και λουλουδιών που κόβουν τα μυρμηγκία από χλωρά φυτά. Οι μύκητες που καλλιεργούνται από τα μυρμηγκία δεν έχουν βρεθεί παρά μόνο σε άμεση συνύπαρξη με τα συγκεκριμένα μυρμηγκία.

Αν επιχειρήσει κανείς να καλλιεργήσει τους μύκητες αυτούς σε θρεπτικά υποστρώματα, διαπιστώνει ότι αυτό είναι αδύνατο. Δηλαδή, οι μύκητες αναπτύσσονται τόσο αργά, που τελικά υποσκελίζονται και αφανίζονται από άλλα είδη μυκήτων που αναπτύσσονται γρήγορα στο θρεπτικό υπόστρωμα. Έχει παρατηρηθεί όμως, ότι αν το υπόστρωμα στο οποίο επιχειρείται η καλλιέργεια των μυκήτων έρχεται σε επαφή με τα μυρμηγκία, τότε η καλλιέργεια μπορεί να διατηρηθεί επ' αόριστον, και αν ακόμη βρίσκεται κοντά σε μεγάλες περιοχές με ανταγωνιστικούς μύκητες. Από τη στιγμή, όμως που πάλι διακοπεί η επαφή των μυρμηγκιών με το θρεπτικό υπόστρωμα, οι μύκητες των μυρμηγκιών χειροτερεύουν γρήγορα και σύντομα αντικαθίστανται από άλλους ανταγωνιστικούς μύκητες.

Βλέπομε, λοιπόν, ότι η αύξηση των μυκήτων σε φωλιές μυρμηγκιών δεν είναι τυχαία αλλά, μάλλον εξαρτάται κατά τρόπο κρίσιμο από τις δραστηριότητες και λειτουργίες των μυρμηγκιών. Οι εντομολόγοι έχουν καταγράψει την εκ μέρους των μυρμηγκιών φροντίδα και συντήρηση κήπων με μύκτες και πολλά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των μυρμηγκιών αυτών. Για παράδειγμα, όταν το μυρμήγκι έρθει σε επαφή με ένα υπόστρωμα αποθέτει πάνω σ' αυτό υγρά περιττώματα ή και σιέλο, προτού το ενσωματώσει στον κήπο των μυκήτων. Προφανώς, το υλικό των περιττωμάτων και του σιέλου δημιουργούν τις περιβαντολογικές εκείνες συνθήκες οι οποίες ευνοούν την αύξηση των μυκήτων.

Όλα αυτά μπορούμε τώρα να τα δούμε από **οικολογική** σκοπιά. Οι δραστηριότητες των μυρμηγκιών Atta, που σχετίζονται με την καλλιέργεια μυκήτων επηρεάζουν το αποτέλεσμα των ειδικών ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων στο συγκεκριμένο οικοσύστημα. Έτσι, έχουμε πρώτον έξω από τη φωλιά των μυρμηγκιών τον μύκητα να είναι ένας πολύ αδύνατος ανταγωνιστής και εκεί να αποκλείεται από άλλους ανταγωνιστές, παρά το γεγονός ότι το εκτός της φωλιάς των μυρμηγκιών υπόστρωμα μπορεί να είναι κατά τα άλλα πολύ κατάλληλο για την ανάπτυξή του. Αντίθετα, ο μύκτας μέσα στη φωλιά των μυρμηγκιών είναι τόσο ισχυρός ανταγωνιστής, ώστε να είναι πάντοτε το επικρατέστερο είδος.

Όλα αυτά, λοιπόν, τώρα μπορούν να μπου σε μια χημική ή μοριακή βάση. Και έτσι, ερχόμαστε στο θέμα της συμβίωσης, η οποία δεν είναι τίποτε άλλο παρα μια **βιοχημική συμμαχία**. Η βιοχημική αυτή συμμαχία εκφράζεται από την συμπληρωματικότητα των μεταβολικών ικανοτήτων των μυρμηγκιών και των μυκήτων.

Συμβολή των μυκήτων

Ας δούμε λοιπόν τι προσφέρουν οι μύκτες στους συμμάχους τους, τα μυρμήγκια. Τα τελευταία ζώντας μέσα σε τροπικά δάση, βρίσκονται σε ένα περιβάλλον με ατέλειωτες ποσότητες κυτταρίνης. Επομένως, η κυτταρίνη, ένας πολυσακχαρίτης, θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση της διατροφής των μυρμηγκιών Atta. Το πρόβλημα όμως είναι ότι πολύ λίγοι από τους ανώτερους οργανισμούς μπορούν να μεταβολίσουν κυτταρίνη. Επομένως, οι ανώτεροι οργανισμοί, όπως τα μυρμήγκια Atta, εξαρτώνται από την παρουσία συμβιωτικών μικροοργανισμών για να τους παράσχουν ένζυμα που χρειάζονται για την αποικοδόμηση των πολυσακχαριτών. Οι μύκτες αποπολυμερίζουν πολύ εύκολα κυτταρίνη. Έτσι, όταν τα μυρμήγκια απομυζούν τους χυμούς οι οποίοι περιέχονται στα μυκήλια των μυκήτων λαμβάνουν θρεπτικά συστατικά τα οποία περιέχουν άνθρακα, ο οποίος προέρχεται από την κυτταρίνη του υποστρώματος ανάπτυξης των μυκήτων.

Συμβολή των μυρμηγκιών

Έχει αποδειχθεί ότι οι μύκτες που καλλιεργούνται από τα μυρμήγκια Atta, έχουν πρόβλημα με τον μεταβολισμό πρωτεϊνών. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη πρωτεολυτικών ενζύμων τα οποία χρειάζονται για να εκμεταλλευτούν το άζωτο των πολυπεπτιδίων. Όπως καταλαβαίνετε, αυτό το μεταβολικό χαρακτηριστικό των μυκήτων είναι σημαντικής οικολογικής σημασίας, διότι τους βάζει σε πολύ μειονεκτική θέση απέναντι σε άλλα είδη μυκήτων που από μόνα τους έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν πρωτεΐνες.

Ας θυμηθούμε τώρα ότι οι μύκητες αναπτύσσονται πάνω σε κομμάτια φύλλων, μέσα στη φωλιά των μυρμηγκιών. Το άζωτο όμως των φύλλων βρίσκεται υπό μορφή πολυπεπτιδίων. Η συλλογή, λοιπόν, των μυρμηγκιών στη βιοχημική τους συμμαχία με τους μύκητες είναι η παροχή των πρωτεολυτικών ενζύμων, τα οποία έχουν ανάγκη οι μύκητες.

Εδώ ίσως να ήταν σκόπιμο να αναφέρομε ότι πολλοί οργανισμοί, όπως είναι σήμερα, είναι αποτέλεσμα της πλήρους ενσωμάτωσης συμβιούντων οργανισμών σε ενιαία οντότητα. Για παράδειγμα, θεωρείται πολύ πιθανό ότι οι χλωροπλάστες έχουν εξελιχθεί από βακτηρίδια τα οποία είχαν εισχωρήσει μέσα σε κύτταρα υπό συνθήκες συμβίωσης. Τελικά η συναρμογή των βιοχημικών λειτουργιών έφθασε να είναι τόσο τέλεια, ώστε στο τέλος οι συμβιούντες οργανισμοί ενώθηκαν σε ένα ενιαίο οργανίδιο. Το ίδιο ισχύει και για τα μιτοχόνδρια. Τα παραπάνω προκύπτουν από το γεγονός ότι οι χλωροπλάστες (όπου γίνεται η μετατροπή της ενέργειας του φωτός σε χημική ενέργεια) και τα μιτοχόνδρια (όπου γίνεται μετατροπή χημικής ενέργειας μιας μορφής σε χημική ενέργεια άλλης μορφής) έχουν το δικό τους γενετικό υλικό, το οποίο μοιάζει με εκείνο των βακτηριδίων.

Αν δούμε τώρα το φαινόμενο της συμβίωσης σε όλη του τη έκταση, θα διαπιστώσαμε ότι **ζωή χωρίς συμβίωση δεν είναι δυνατόν να υπάρξει**. Αυτό θα φανεί αν εξετάσουμε την προέλευση των θρεπτικών υλών που έχει ανάγκη κάθε οργανισμός για τη διατροφή του. Όλα αυτά τα θρεπτικά υλικά αντλούνται σε τελευταία ανάλυση από τη λιθόσφαιρα και την ατμόσφαιρα. Ο άνθρωπος, φυσικά, δεν μπορεί να αντλήσει αυτά τα υλικά χωρίς τη διαμεσολάβηση άλλων κατώτερων οργανισμών. Δηλαδή μεταξύ της λιθόσφαιρας και της ατμόσφαιρας παρεμβάλλονται τα βακτηρίδια του εδαφους, τα φυτά, οι μικροοργανισμοί του πεπτικού συστήματος των μηρυκαστικών, και τα μηρυκαστικά.

Αυτό λοιπόν μας επιτρέπει να δούμε τη ζωή από μια άλλη σκοπιά και μας οδηγεί σε εναλλακτικό ορισμό της ζωής.

Ζωή είναι μηχανισμός άντλησης στοιχείων από τη λιθόσφαιρα και την ατμόσφαιρα της Γης, την οργάνωσή τους σε εξατομικευμένες οντότητες οι οποίες στη συνέχεια προωθούν τα στοιχεία βαθμιαία σε καλύτερα οργανωμένες οντότητες και μέχρι της κορυφαίας, δηλαδή τον άνθρωπο.

Η διεργασία αυτή της άντλησης απαιτεί ενέργεια την οποία παρέχει το φως.

Ενέργεια και Ζωή

Οι χημικές διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στο κύτταρο έχουν κάποιο σκοπιμότητα. Παράδειγμα μιας τέτοιας διεργασίας είναι η αντίδραση που σκοπό έχει τη σύνθεση γλυκογόνου στον οργανισμό. Το γλυκογόνο είναι ένας πολυσακχαρίτης τον οποίο συνθέτει ο οργανισμός για να αποταμιεύσει ενέργεια. Το γλυκογόνο αποτίθεται στους μυϊκούς ιστούς, αλλά οι μυϊκοί ιστοί μπορούν να αποθηκεύσουν μέχρι 60 γραμμάρια γλυκογόνου ανά χιλιόγραμμα μυϊκού ιστού. Όταν ο οργανισμός υποχρεωθεί, λόγω πολυφαγίας, να παραγάγει πρόσθετες ποσότητες γλυκογόνου, αναγκάζεται, λόγω κορεσμού των μυϊκών ιστών, να αλλάξει μηχανισμό και αρχίζει να συνθέτει λίπος. Τα λίπη γενικά είναι εστέρες λιπαρών οξέων με γλυκερόλη, δηλαδή γλυκερίνη. Τα φυσικά λιπαρά οξέα έχουν πάντοτε άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα στο μορίο τους. Και αυτό είναι συνακόλουθο του μηχανισμού σύνθεσής τους από τον οργανισμό. Όταν ο άνθρωπος υποβάλλεται σε εντατική άσκηση, και το γλυκογόνο των μυών τείνει να εξαντληθεί, τότε ο οργανισμός αρχίζει να χρησιμοποιεί και την ενέργεια που έχει αποταμιεύσει υπό μορφή λίπους.

Ας δούμε τώρα πως κατανέμεται η ενέργεια μέσα στο μόριο ενός λιπαρού οξέος. Και ας πάρουμε για παράδειγμα το βουτυρικό οξύ. Το βουτυρικό οξύ έχει τρεις όμοιες φαινομενικά ομάδες, τις μεθυλενικές, από τις οποίες η κάθε μια από αυτές βρίσκεται σε διαφορετικό χημικό περιβάλλον. Παρόλα αυτά και οι τρεις είναι ενεργειακά ισοτήμες, δηλαδή, όλες περιέχουν την ίδια ποσότητα ενέργειας. Αυτό αποτελεί φυσικοχημικό παράδοξο, και, νομίζω ότι, συμβαίνει προς χάριν της ζωής. Δηλαδή ο οργανισμός όταν χρειάζεται ενέργεια πρέπει να την παίρνει κατά συγκεκριμένες και προβλέψιμες ποσότητες αποικοδομώντας τα λιπαρά οξέα. Και για να συμβαίνει αυτό θα πρέπει όλες οι μεθυλενικές ομάδες να δίνουν την ίδια ποσότητα ενέργειας.

Το ίδιο συμβάνει και με τις άλλες κατηγορίες οργανικών ενώσεων, όπως αλκοόλες, αμίνες, νιτρίλια κ.τ.λ. Δηλαδή και στις ενώσεις αυτές όλες οι μεθυλενικές ομάδες είναι ενεργειακά ισοτήμες. Αυτό όμως μας δίνει την εξής δυνατότητα. Αν από την ενέργεια του μορίου π.χ. της προπανόλης, αφαιρέσουμε τρεις φορές την ενέργεια μιας μεθυλενικής ομάδας, εκείνο που θα μας μείνει είναι η ενέργεια του νερού. Κάτι ανάλογο θα συμβεί αν αφαιρέσουμε τρεις φορές την ενέργεια μιας μεθυλενικής ομάδας από την ενέργεια της προπυλαμίνης, δηλαδή θα προκύψει η ενέργεια της αμμωνίας. Τα μόρια του νερού και της αμμωνίας είναι μόρια που υπήρχαν προτού εμφανισθεί η ζωή στον πλανήτη μας, δηλαδή είναι αβιωτικά μόρια.

Αυτό μας κάνει, λοιπόν, να σκεφτούμε ότι οι οργανικές ενώσεις “θυμούνται” ότι προέρχονται από αβιωτικές χημικές διεργασίες. Δηλαδή υπήρχαν και πριν από την εμφάνιση της ζωής. Και έτσι μπαίνομε στο θέμα “χημική προέλευση της ζωής”.

Ο άνθρακας στο Σύμπαν

Ο άνθρακας και τα άλλα ελαφρά στοιχεία τα οποία συγκροτούν το βιολογικό υλικό είναι από τα πλέον διαδεδομένα στο Σύμπαν. Στο ηλιακό μας σύστημα ο άνθρακας κατέχει την τέταρτη θέση, μετά το οξυγόνο, και με πρώτο το υδρογόνο. Επειδή όμως το 99.9% της μάζας του ηλιακού μας συστήματος βρίσκεται συγκεντρωμένη στον ήλιο και επειδή όλοι οι ήλιοι, ακόμη και των πιο απομακρυσμένων γαλαξιών, έχουν την ίδια σύσταση με τον ήλιο του δικού μας ηλιακού συστήματος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο άνθρακας είναι το τέταρτο στοιχείο από άφθες ποσότητας στο Σύμπαν.

Οργανική ύλη σε μετεωρίτες

Εκτός από την ευρεία εξάπλωση του άνθρακα στο Σύμπαν, στο διαστρικό χώρο συμβαίνουν χημικές αντιδράσεις οι οποίες οδηγούν στο σχηματισμό μεγάλων ποσοτήτων μορίων βιολογικού ενδιαφέροντος. Ήταν ήδη γνωστό από το πρώτο ήμισυ του 19ου αιώνα ότι μερικοί μετεωρίτες περιέχουν οργανική ύλη. Σύγχρονες έρευνες έχουν δείξει ότι οργανικές ενώσεις ευρίσκονται σχεδόν αποκλειστικά στους ανθρακούχους χονδρίτες. Οι χονδρίτες είναι μια κατηγορία μετεωριτών οι οποίοι περιέχουν πρωταρχικά, αμετάβλητα προϊόντα συμπύκνωσης από αντιδράσεις που συμβαίνουν σε νεφελώματα του διαπλανητικού χώρου. Οι μετεωρίτες αυτοί περιέχουν μέχρι και 5% άνθρακα, κυρίως υπό οργανική μορφή. Το μεγαλύτερο ποσοστό του άνθρακα ευρίσκεται υπό μορφή αδιάλυτου αρωματικού πολυμερούς, ενώ το εκχυλίσιμο μέρος περιέχει υδρογονάνθρακες και μια ποικιλία ενώσεων που περιέχουν οξυγόνο, άζωτο, αλογόνα, και θείο. Φυσικά, θα

μπορούσε να αμφισβητήσει κανείς την προέλευση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στους μετεωρίτες. Δηλαδή θα μπορούσαν οι οργανικές ενώσεις να είχαν ενσωματωθεί στη μάζα του μετεωρίτη κατά την πρόσκρουσή του στην επιφάνεια του εδάφους. Ευτυχώς όμως σύγχρονες αναλυτικές μέθοδοι επιτρέπουν την διάκριση μεταξύ εξωγήινων και γήινων οργανικών ενώσεων. Οι εξωγήινες οργανικές ενώσεις είναι πλούσιες σε ισότοπο άνθρακα 13 . Επομένως, οι οργανικές ενώσεις των χονδριτών είναι εγγενείς. Αλλά εκείνο που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι το ό,τι έχουν βρεθεί ελεύθερα αμινοξέα σε υδατικά εκχυλίσματα μετεωριτών, καθώς και ενώσεις οι οποίες υδρολυόμενες μπορούν να δώσουν αμινοξέα. Έχουν ταυτοποιηθεί είκοσι αμινοξέα από τα οποία τα οκτώ είναι συστατικά πρωτεϊνών. Τα εξής: γλυκίνη, αλανίνη, βαλίνη, λευκίνη, ισολευκίνη, προλίνη, γλουταμινικό οξύ και ασπαραγινικό οξύ. Όλα τα αμινοξέα με ασύμμετρο άτομο άνθρακα βρέθηκαν να είναι ρακεμικά. Αυτά τα αποτελέσματα αποτελούν ισχυρές ενδείξεις ότι τα αμινοξέα των χονδριτών έχουν εξωγήινη και μη βιολογική προέλευση.

Οργανικές ενώσεις στο διαστρικό χώρο

Πολύπλοκες οργανικές ενώσεις έχουν ανιχνευθεί στο διαστρικό χώρο. Πολλές από τις ενώσεις αυτές μπορούν να μετατραπούν σε αμινοξέα, για παράδειγμα, με υδρόλυση. Η σημαντική αυτή ανακάλυψη έχει γίνει με φασματοσκοπία μικροκυμάτων. Τα μόρια έχουν βρεθεί να συνυπάρχουν σε αστρικά νεφελώματα αποτελούμενα από αέρια και διασπαιμική σκόνη. Εικάζεται ότι τα σωματίδια της σκόνης συμβάλλουν στο σχηματισμό των οργανικών ενώσεων από αραιά αστρικά αέρια και επιπλέον προστατεύουν τις ενώσεις από τη διάσπαση που θα μπορούσε να προκαλέσει η υπεριώδης ακτινοβολία. Τα κυριότερα από τα αέρια που έχουν ανιχνευθεί στα νεφελώματα αυτά είναι: Μονοξειδίο του άνθρακα, Υδρογόνο, Αμμωνία, Υδροκυάνιο, Μυρμηκικό οξύ, Φορμαλδεΰδη, Μεθυλακετυλένιο, Κυανοακετυλένιο, Μεθανόλη, Ακετονιτρίλιο, Νερό, Ακεταλδεΰδη, Φορμαμίδιο και Ακρυλονιτρίλιο. Οι ενώσεις οι οποίες έχουν ανιχνευθεί στο διαστρικό χώρο και σε μετεωρίτες μοιάζουν πολύ με εκείνες που έχουν παρασκευασθεί σε εργαστηριακά πειράματα υπό συνθήκες όμοιες με εκείνες που επικρατούν στα νεφελώματα και στην προβιωτική Γη. Όλα τα αμινοξέα τα οποία έχουν ευρεθεί σε μετεωρίτες και τα μόρια που έχουν ανιχνευθεί στον διαστρικό χώρο, έχουν παρασκευασθεί στο εργαστήριο.

Υποτίθεται, λοιπόν, ότι αρχικά η ατμόσφαιρα της Γης ήταν αναγωγική και ότι περιείχε μεθάνιο, αμμωνία, μονοξειδίο του άνθρακα, διοξειδίο του άνθρακα, άζωτο και νερό. Μια τέτοια ατμόσφαιρα δεν προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία, διότι δεν υπάρχει στρώμα όζοντος. Η υπεριώδης ακτινοβολία ή και ηλεκτρικές εκκενώσεις θα μπορούσαν να προκαλέσουν το σχηματισμό μορίων σαν και αυτά που έχουν ανιχνευθεί στο διαστρικό χώρο. Και όπως έχουμε ήδη προαναφέρει, αυτό έχει αποδειχθεί πειραματικά.

Λόγω της θμελειώδους σημασίας των νουκλεϊνικών οξέων για τη ζωή η όλη προσπάθεια στρέφεται γύρω από την ερμηνεία του σχηματισμού του πρώτου νουκλεϊνικού οξέος από οργανικά μόρια προβιωτικής προέλευσης. Τα νουκλεϊνικά οξέα είναι πολυ-διεστέρες του φωσφορικού οξέος. Πλήρης υδρόλυση αυτών των πολυεστέρων δίνει κάτι το μη αναμενόμενο. Δηλαδή, ένα σχετικά απλό μίγμα από τέσσερες κατηγορίες ενώσεων. Και πρώτα- πρώτα φωσφορικό οξύ, πεντόζες, δηλαδή σάκχαρα με πέντε άτομα άνθρακα και ετεροκυκλικές βάσεις, πυριμιδίνες και πουρίνες.

Επομένως θα πρέπει να εξηγήσουμε την προβιωτική ύπαρξη των σακχάρων και των ετεροκυκλικών βάσεων.

Ήδη από τον περασμένο αιώνα ήταν γνωστή η αντίδραση Butlerow η οποία μετέτρεπε τη φορμαλδεΰδη σε μίγμα σακχάρων με τη χρήση αλκαλικών καταλυτών. Ανάλυση του μίγματος με τις σημερινές μεθόδους έδειξε και την παρουσία ριβόζης, δηλαδή του σακχάρου που βρίσκομε στα προϊόντα υδρόλυσης του RNA. Αυτό λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί ως ικανοποιητική ένδειξη ότι σάκχαρα ήταν δυνατόν να υπάρχουν πριν από την εμφάνιση της ζωής. Αλλά και οι ετεροκυκλικές αμίνες, δηλαδή οι πουρίνες και πυριμιδίνες έχουν παρασκευασθεί από προβιωτικά μόρια. Για παράδειγμα, βράζοντας επί πολλές ώρες υδατικό διάλυμα αμμωνίας και υδροκυανίου, σχηματίζεται η πουρίνη αδενίνη. Αλλά και η πυριμιδίνη, κυτοσίνη μπορεί να συντεθεί από κυανοακετυλένιο και κυανικό οξύ. Φυσικά για το φωσφορικό οξύ δεν γεννάται θέμα σύνθεσης, διότι είναι ανόργανο μόριο.

Γενικά, βιολογικώς σημαντικές ενώσεις, όπως σάκχαρα, αμινοξέα, πουρινικές βάσεις και πυριμιδινικές βάσεις μπορούν να παρασκευαστούν σε υδατικό διάλυμα υπό ήπιες συνθήκες από μια μικρή ομάδα μορίων, όπως αμμωνία, φορμαλδεΰδη, υδροκυάνιο, κυανοακετυλένιο, και δικυάνιο τα οποία με τη σειρά τους, μπορούν να παρασκευστούν από μεθάνιο υδρογόνο, άζωτο και νερό.

Η θεωρία υποστηρίζει ότι στο προβιωτικό διάλυμα όπου υπήρχαν τα σάκχαρα, οι ετεροκυκλικές αμίνες και το φωσφορικό οξύ, σχηματίστηκαν αρχικά πιο πολύπλοκα μόρια από τη σύνθεση ενός μορίου σακχάρου, ενός μορίου ετεροκυκλικής βάσης και ενός μορίου φωσφορικού οξέος. Αυτά τα μόρια ονομάζονται νουκλεοτίδια. Συμπολυμερισμός διαφόρων νουκλεοτιδίων θα μπορούσε να οδηγήσει στο σχηματισμό του πρώτου νουκλεϊνικού οξέος.

Μέχρι πρότινος επικρατούσε η άποψη ότι το πρώτο αυτοαναδιπλασιαζόμενο σύστημα ήταν ένας συνδυασμός νουκλεϊνικού οξέος και πρωτεΐνης. Το νουκλεϊνικό οξύ χρoσίμεινε για την διατήρηση των πληροφοριών ενώ η πρωτεΐνη παρείχε την καταλυτική δράση, η οποία απαιτείται για την κατασκευή αντιτύπων του νουκλεϊνικού οξέος ώστε να αναπαραγάγουν τον εαυτό τους.

Πριν από μερικά χρόνια, ανακοινώθηκαν περιπτώσεις κατά τις οποίες το ριβονουκλεϊνικό οξύ δρα ως ένζυμο. Αυτό έδωσε αφορμή στον Walter Gilbert, των εργαστηρίων Βιολογίας του πανεπιστημίου Harvard να υποστηρίξει την άποψη ότι, εφόσον έχουν αποδειχθεί ενζυμικές δράσεις του RNA, είναι δυνατόν να υπάρχουν και άλλες ανάλογες δράσεις, και έτσι θα μπορούσε το RNA, χωρίς τη σύμπραξη πρωτεΐνης να ξεκινήσει τη ζωή.

Επίλογος

Ελπίζω από τα όσα ελέχθησαν να έχει διαφανεί ότι οι διεργασίες που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο της ζωής είναι χημικές ή και φυσικοχημικές φύσεως. Αυτό λοιπόν καθιστά τον ανθρώπινο οργανισμό να υπόκειται στους νόμους της χημείας. Δηλαδή ο ανθρώπινος οργανισμός, όπως και κάθε οργανισμός έχει όρια τα οποία είναι γενετικώς καθορισμένα. Ως έμβιο ον, όμως, έχει και την ικανότητα να αντιδρά σε ερεθίσματα. Όταν το ερέθισμα είναι αφύσικα έντονο και ισχυρό, δηλαδή ξεπερνά τα γενετικώς καθορισμένα όρια αντοχής, ο οργανισμός μπαίνει σε δοκιμασία και προσπαθεί να αντιδράσει για να επιβιώσει. Αν θυμάστε επιβίωση επιτυγχάνεται με λύση που οδηγεί σε μετάλλαξη. Μια μετάλλαξη δεν οδηγεί πάντοτε σε σωστή λύση σε πρόβλημα επιβίωσης, αλλά τουναντίον μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερο κακό.

Έτσι ερχόμαστε στο θέμα του καπνίσματος και του καρκίνου των πνευμόνων. Τα αέρια που εκλύονται κατά την καύση του καπνού και που εισπνέονται από τον καπνιστή ή τους παθητικούς καπνιστές, περιέχουν μια πληθώρα συστατικών μεταξύ των οποίων και φορμαλδεΰδη. Η φορμαλδεΰδη είναι ένα πολύ δραστικό αέριο, δηλαδή έχει την τάση να αντιδρά σχεδόν ακαριαία με ορισμένες χαρακτηριστικές ομάδες που βρίσκονται σε μεγάλη αφθονία σε βιολογικά μόρια, όπως αμινομάδες, αμιδικές ομάδες και τη σουλφυδρυλική ομάδα της κυστεΐνης. Η σουλφυδρυλική ομάδα είναι απαραίτητη για τη δράση πολλών ενζύμων και συνενζύμων. Η ένωση λοιπόν της φορμαλδεΰδης με το δραστικό σημείο του ενζύμου μπορεί να προκαλέσει την αδρανοποίησή του. Στην προσπάθειά του λοιπόν, ο οργανισμός να λύσει αυτό το πρόβλημα, μπορεί να οδηγηθεί σε ατυχείς μεταλλάξεις, που σημαίνει καρκίνο.

Και τώρα ας δούμε και το θέμα της χρήσης ναρκωτικών. Αν λάβουμε υπόψη μας και πάλι ότι ο ανθρώπινος οργανισμός υπόκειται στους νόμους της χημείας, θα κατανοήσουμε εύκολα ότι η χρήση ναρκωτικών ουσιών αποτελεί βίαιη εκβίαση του ανθρώπινου οργανισμού. Δηλαδή, σχεδόν όλες οι λειτουργίες του οργανισμού μας είναι γενετικά προγραμματισμένες να γίνονται με συγκεκριμένη ταχύτητα. Για παράδειγμα η έκκριση αδρεναλίνης γίνεται με τέτοια ταχύτητα ώστε να υπάρχει στο αίμα μας συνεχώς, διότι έλλειψη αδρεναλίνης θα προκαλούσε δυσθυμία. Αν, τώρα, πάρουμε κάτι που μπορεί να προκαλέσει ταχύτερη έκκριση αδρεναλίνης, ο οργανισμός μας που όπως είπαμε υπόκειται στους νόμους της χημικής κληρονομικότητας, δεν προλαβαίνει να συνθέσει αδρεναλίνη και επομένως θα ακολουθήσει περίοδος έλλειψης. Έτσι εξηγείται η γνωστή περίοδος δυσθυμίας που ακολουθεί το κάπνισμα χασισιού.

Ένα τρίτο και τελευταίο θέμα που θα ήθελα να τονίσω και πάλι είναι το ότι συμβίωση είναι η ίδια η ζωή. Αν το συνειδητοποιήσουμε αυτό θα κατανοήσουμε καλύτερα την αξία της αρμονικής συνύπαρξής μας με τη Φύση και τη σημασία που έχει για την επιβίωση του ανθρώπινου γένους η διατήρηση των οικοσυστημάτων.