

Περίληψη 3^{ου} κεφαλαίου.

Όλγα Σ.

(3.1) Όλοι οι οργανισμοί, ζωικοί και φυτικοί, προκειμένου να επιβιώσουν και να διατελέσουν τις λειτουργίες τους, χρειάζονται **ενέργεια**. Με αφορμή τα ερωτήματα “για ποιο λόγο είναι απαραίτητη η ενέργεια” και “με ποιο τρόπο οι οργανισμοί την χρησιμοποιούν”, οι Βιολόγοι ανέπτυξαν έναν ξεχωριστό κλάδο της Βιολογίας, την Βιοενεργητική.

Οι φυτικοί οργανισμοί μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης σε χημική ώστε να μπορέσουν να την χρησιμοποιήσουν. Όσον αφορά τους ζωικούς, οι οργανισμοί αυτοί εξασφαλίζουν την ενέργεια και τα υλικά που χρειάζονται από το περιβάλλον με τη τροφή τους. Συνήθως όμως δεν μπορούν να τα αξιοποιήσουν άμεσα. Η αξιοποίησή τους προϋποθέτει τη μετατροπή του σε ενώσεις. Το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που εξυπηρετούν τις διαδικασίες αυτές συνιστούν το μεταβολισμό, ο οποίος χωρίζεται σε καταβολισμό (περιλαμβάνει τις αντιδράσεις διάσπασης πολύπλοκων ουσιών σε απλούστερες, με παράλληλη συνήθως απόδοση ενέργειας, εξώθερμες) και αναβολισμό (περιλαμβάνει αντιδράσεις σύνθεσης πολύπλοκων χημικών ουσιών από απλές, ενδόθερμες).

Μέσα στα κύτταρα η μεταφορά ενέργειας από το σημείο όπου αυτή παράγεται στο σημείο όπου καταναλώνεται επιτυγχάνεται με τη σύζευξη εξώθερμων με ενδόθερμες αντιδράσεις. Η μεταφορά αυτή γίνεται με τη βοήθεια του μορίου τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP). Το ATP χαρακτηρίζεται σαν ενεργειακό νόμισμα, γιατί μεσολαβεί μεταξύ των κυτταρικών διεργασιών οι οποίες αποδίδουν ενέργεια και αυτών που καταναλώνουν ενέργεια.

(3.2) Ενέργεια ενεργοποίησης είναι εκείνη η οποία πρέπει να προσφερθεί στα αντιδρώντα μόρια για να ξεκινήσει η αντίδραση. Τα κύτταρα για να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες κατά τις αντιδράσεις μεταβολισμού (μεγάλα ποσά θερμότητας, πολύς χρόνος) διαθέτουν μηχανισμό μείωσης της ενέργειας ενεργοποίησης, τα ένζυμα. Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες και δρουν ως καταλύτες αντιδράσεων οι οποίες πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του κυττάρου. Τα αντιδρώντα μόρια, τα μόρια υποστρώματα, βοηθούν, με τον κατάλληλο προσανατολισμό τους, στην αύξηση της ταχύτητας μιας αντίδρασης. Ο προσανατολισμός των μορίων-υποστρωμάτων γίνεται στο ενεργό κέντρο του ενζύμου, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του.

Μερικές από τις ιδιότητες των ενζύμων είναι α) ότι δρουν γρήγορα, β) ότι η δραστηριότητά τους επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες (π.χ. pH), γ) ότι η καταλυτική δράση του ενζύμου καθορίζεται από την τριτοταγή δομή της πρωτεΐνης και χάνεται αν αυτή αλλάξει, δ) παραμένουν αναλλοίωτα ποιοτικά και ποσοτικά, όσες φορές κι αν χρησιμοποιηθούν, ε) εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης.

Τα ένζυμα μπορεί να είναι ενδοκυτταρικά, να δρουν δηλαδή μέσα στο κύτταρο και είναι είτε ελεύθερα είτε δεσμευμένα σε πρωτεΐνες ή εξωκυτταρικά, τα οποία εκκρίνονται από τα κύτταρα και δρουν στο εξωτερικό των κυττάρων.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων είναι η θερμοκρασία, το pH, η συγκέντρωση υποστρώματος και η συγκέντρωση ενζύμου. Η ταχύτητα μιας αντίδρασης η οποία καταλύεται από ένζυμα μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Κάθε ένζυμο έχει μια άριστη θερμοκρασία δράσης στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης γίνεται μέγιστη. Στα ένζυμα του ανθρώπου η άριστη θερμοκρασία είναι 36-38 C. Με αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η δραστηριότητα του ενζύμου. Αν η θερμοκρασία φτάσει γύρω στους 50 C το ένζυμο χάνει μόνιμα την δραστηριότητά του. Επίσης τα ένζυμα επηρεάζονται από τις μεταβολές του pH. Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη τιμή του pH, στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης που καταλύει είναι η μέγιστη. Αυτή κυμαίνεται μεταξύ 5 και 9. Η αύξηση της συγκέντρωσης υποστρώματος οδηγεί συνήθως σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης, μέχρι όμως ενός σημείου. Από κει και πέρα η ταχύτητα δεν αλλάζει. Τέλος, αν η θερμοκρασία, το pH είναι σταθερά και η συγκέντρωση του υποστρώματος δεδομένη η αύξηση του ενζύμου οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης.

Αναστολείς ονομάζονται εκείνες οι ουσίες, οι οποίες αναστέλλουν την τη δράση των ενζύμων. Διακρίνονται σε μη αντιστρεπτούς, αυτούς δηλαδή που συνδέονται μόνιμα με το ένζυμο και δεν το αφήνουν να δράσει πλέον και σε αντιστρεπτούς, εκείνους που εμποδίζουν παροδικά την δράση των ενζύμων. Μερικά ένζυμα είναι σπαστικά μόνο με την παρουσία ουσιών οι οποίες είναι πρωτεΐνες και ονομάζονται συμπαράγοντες. Οι συμπαράγοντες μπορεί να είναι ανόργανα ιόντα ή οργανικές ενώσεις(συνένζυμα).

(3.3) Η φωτοσύνθεση αποτελεί ίσως την πιο σημαντική μεταβολική πορεία από όσες γίνονται στην βίωση. Η παραγωγή φωτεινής ενέργειας κατά την διαδικασία της φωτοσύνθεσης γίνεται από τη χλωροφύλλη και άλλες ουσίες. Με τη βοήθειά τους οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί συνθέτουν υδατάνθρακες (γλυκόζη), με απλές ανόργανες ενώσεις (διοξείδιο του άνθρακα, νερό) που βρίσκουν άφθονες στο περιβάλλον.

Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί ανήκουν στους αυτότροφους οργανισμούς(παράγουν μόνοι τους όλες τις οργανικές ουσίες που τους είναι απαραίτητες χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το προϊόν της φωτοσύνθεσης, παραγωγοί).Ετερότροφοι, αντίθετα είναι εκείνοι οι οποίοι δεν μπορούν να συνθέσουν μόνοι τους οργανικές ενώσεις από απλές ανόργανες, αλλά είναι υποχρεωμένοι να τις προμηθεύονται έτοιμες από το περιβάλλον τους, καταναλωτές). Ικανότητα φωτοσύνθεσης διαθέτουν όλοι οι οργανισμοί που έχουν γηλοσυνθετικές χρωστικές. Φυτοφάγοι ονομάζονται οι καταναλωτές πρώτης τάξης, ενώ σαρκοφάγοι εκείνοι της δεύτερης τάξης. Αποικοδομητές ονομάζονται οι νεκροί οργανισμοί. Αυτοί ανήκουν στους ετερόφωτους οργανισμούς.

Η φωτοσύνθεση γίνεται στα πράσινα μέρη των φυτών, που είναι κυρίως τα φύλλα και συχνά ο βλαστός τους. Σε εγκάρσια τομή του παρατηρούμε τις δύο επιδερμίδες, που καλύπτονται από την εφυμενίδα. Ανάμεσα στις δύο επιδερμίδες βρίσκεται το μεσόφυλλο, που διασχίζεται από αγγεία. Η κάτω επιδερμίδα έχει μικρά ανοίγματα, που λέγονται στόματα. Το καθένα απ' αυτά περιβάλλεται από ένα ζευγάρι κυττάρων, τα καταφρακτικά κύτταρα.

Κατά τη φωτοσύνθεση παράγεται οξυγόνο. Η άντληση του νερού από το έδαφος και η ροή του στα αγγεία διευκολύνεται με την εξάτμιση νερού από τα στόματα (διαπνοή).

Στο κύτταρο η φωτεινή ακτινοβολία δεσμεύεται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές. Στα ανώτερα φυτά, οι χρωστικές αυτές, βρίσκονται μέσα στα grana των χλωροπλαστών και ανήκουν σε δυο κατηγορίες, τις χλωροφύλλες και τα καροτενοειδή. Οι χλωροφύλλες είναι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, που φέρνουν ένα κεντρικό άτομο μαγνησίου. Τα καροτενοειδή απορροφούν κυρίως την μπλε ακτινοβολία. Το φθινόπωρο στα φυλλοβόλα φυτά οι χλωροφύλλες αποδομούνται και δεν ξανασηματίζονται. Η απουσία χλωροφυλλών επιτρέπει σε άλλες χρωστικές, όπως τα καροτενοειδή, να εμφανίζονται.

Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει δύο ομάδες αντιδράσεων: την **φωτεινή φάση** και την σκοτεινή. Κατά την φωτεινή φάση, μόρια χλωροφύλλης, που βρίσκονται κατά ομάδες στα grana των χλωροπλαστών, δεσμεύουν φωτεινή ενέργεια και διεγείρονται και στη συνέχεια αποδιεγείρονται. Η ενέργεια που αποδίδεται κατά την αποδιέγερση των μορίων αυτών προκαλεί τον ιονισμό άλλων μορίων χλωροφύλλης. Μέρος της ενέργειας που παράγεται από τις διαδικασίες αυτές προκαλεί τη διάσπαση μορίων νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο (φωτόλυση νερού). Παράλληλα, σχηματίζεται ATP και ADP. Το οξυγόνο που παράγεται από τη φωτόλυση του νερού ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ενώ το υδρογόνο δεσμεύεται από μόρια του συνεχόμενου NADP, που μετατρέπονται σε NADPH. Η **σκοτεινή φάση** ξεκινά με τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα από μια πεντόζη. Ακολουθεί μια σειρά αντιδράσεων μέσω των οποίων παράγεται τελικά γλυκόζη και άλλες ουσίες (νερό).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της φωτοσύνθεσης είναι η θερμοκρασία, το φως, το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και τα ανόργανα άλατα. Η **θερμοκρασία** επηρεάζει τη δράση των ενζύμων και φυσικά την ταχύτητα των ενζυμικών αντιδράσεων. Σε υψηλή και σταθερή ένταση φωτός, με την αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνεται και η απόδοση της φωτοσύνθεσης. Το ίδιο και με το **φως**: σε θερμοκρασία 20 C η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την ένταση του φωτός. Αυτό όμως μέχρι ενός σημείου. Από εκεί κι έπειτα, η απόδοση της φωτοσύνθεσης παραμένει σταθερή. Σε υψηλή ένταση φωτός και σταθερή θερμοκρασία η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του **διοξειδίου του άνθρακα**. Αυτό γίνεται μέχρι ενός σημείου και στη συνέχεια παραμένει σταθερή. Το φυτό επίσης κλείνει τα στόματα για να εμποδίσει την απώλεια **νερού** μέσω της διαπνοής και ταυτόχρονα κλείνει την είσοδο

και για το διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι, λόγω της έλλειψης νερού, ελαττώνεται η απόδοση που παρατηρείται σε συνθήκες ξηρασίας. Τέλος, για να διατηρήσουν τη δομή και τη λειτουργικότητά τους, τα φυτά χρειάζονται κι άλλα στοιχεία ή χημικές ενώσεις, που δεν παράγονται με τη φωτοσύνθεση. Όταν λοιπόν, εκλείπουν τα στοιχεία αυτά, η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης παραμένει χαμηλή.

(3.4) Σε κάθε κύτταρο, οι απλές ουσίες, που προέρχονται από τη διάσπαση των μεγαλομοριακών ενώσεων, αξιοποιούνται με 2 τρόπους. Είτε χρησιμοποιούνται πάλι για τη σύνθεση νέων μεγαλομοριακών ενώσεων, που είναι απαραίτητες ως δομικά ή λειτουργικά συστατικά του συγκεκριμένου κυττάρου, είτε οξειδώνονται, αποδίδοντας σταδιακά χημική ενέργεια μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται κυτταρική αναπνοή.

Ένα μέρος της ενέργειας που παράγεται κατά τις αντιδράσεις οξείδωσης ελευθερώνεται ως θερμότητα και δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για τις διάφορες κυτταρικές λειτουργίες. Το υπόλοιπο ποσό ενέργειας διατίθεται στα κύτταρα με τη μορφή ATP. Η κυτταρική αναπνοή μπορεί να γίνεται με τη βοήθεια οξυγόνου(οξειδωτικό), οπότε λέγεται αερόβια αναπνοή, ή χωρίς οξυγόνο αναερόβια αναπνοή.

Το κύτταρο παράγει ενέργεια διασπώντας συνήθως υδατάνθρακες ή λίπη. Η διάσπαση της γλυκόζης περιλαμβάνει τρεις διαδικασίες: τη γλυκόλυση, τον κύκλο του κιτρικού οξέος και την οξειδωτική φωσφορυλίωση.

Η γλυκόλυση αποτελεί το πρώτο στάδιο της διάσπασης της γλυκόζης. Γίνεται στο κυτταρόπλασμα χωρίς τη χρησιμοποίηση οξυγόνου. Στο στάδιο αυτό ένα μόριο γλυκόζης διασπάται αρχικά σε δύο μόρια τριοζών, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος. Από την ενέργεια αυτή το κύτταρο κερδίζει δύο μόρια ATP. Αν στη διαδικασία αυτή, παρίσταται το οξυγόνο, το πυροσταφυλικό οξύ εισέρχεται στο μιτοχόνδριο κι εκεί οξειδώνεται πλήρως προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό(αερόβια αναπνοή). Αν δεν υπάρχει οξυγόνο(αναερόβια αναπνοή), το πυροσταφυλικό οξύ μετατρέπεται, ανάλογα με το είδος του κυττάρου, σε αιθυλική αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα ή σε γαλακτικό οξύ.

Ο κύκλος του κιτρικού οξέος και η οξειδωτική φωσφορυλίωση αποτελούν τα δύο στάδια της οξείδωσης του πυροσταφυλικού οξέος, το οποίο έχει παραχθεί από την γλυκόλυση. Ο κύκλος του κιτρικού οξέος(ή κύκλος του Krebs) περιλαμβάνει μια σειρά αντιδράσεων που γίνονται στη μήτρα των μιτοχονδρίων, χωρίς όμως οξυγόνο. Το πυροσταφυλικό οξύ, που είχε παραχθεί από τη γλυκόλυση, μετατρέπεται σε ακετυλο-συνένζυμο Α και με τη μορφή αυτή εισέρχεται στον κύκλο του κιτρικού οξέος. Κατά τη μετατροπή αυτή παράγεται και διοξείδιο του άνθρακα. Από το ακετυλο-συνένζυμο Α που μπαίνει στο κύκλο του κιτρικού οξέος μεταξύ άλλων σχηματίζονται και ATP και διοξείδιο του άνθρακα. Το κέρδος σε ενέργεια από τη διάσπαση κάθε αρχικού μορίου γλυκόζης, σ' αυτό το στάδιο, είναι δύο μόρια ATP.

Οξυγόνο χρησιμοποιείται όμως στις αντιδράσεις φωσφορυλίωσης, οι οποίες γίνονται στις αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης. Κατά την πραγματοποίηση όμως αυτών των αντιδράσεων γίνεται απελευθέρωση ενέργειας, μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή 32 μορίων ATP από ADP + Pi. Στα τελικά προϊόντα αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνεται και νερό.

Οι αντιδράσεις της κυτταρικής αναπνοής δεν επαναλαμβάνονται συνεχώς. Υπάρχει, γι' αυτό ένας μηχανισμός που ελέγχει τη διεξαγωγή αυτών των αντιδράσεων, ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Επίσης, οι αντιδράσεις του κύκλου του κιτρικού οξέος, παρότι δεν χρησιμοποιούν οξυγόνο, δε γίνονται σε αναερόβιες συνθήκες.

Η αναερόβια αναπνοή γίνεται από διάφορους οργανισμούς, οι οποίοι οξειδώνουν τη γλυκόζη για την παραγωγή P χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Σπάνια την αερόβια αναπνοή κανουν και κύτταρα πολυκύτταρων οργανισμών (μυικά κύτταρα). Η αναερόβια αναπνοή χωρίζεται σε αλκοολική και γαλακτική ζύμωση. Η αλκοολική ζύμωση γίνεται κυρίως στις ζύμες (μονοκύτταροι οργανισμοί που ανήκουν στους μύκητες). Γίνεται όμως σε τμήματα φυτών όπου δεν φτάνει οξυγόνο ή όπου αυτό βρίσκεται σε μικρή συγκέντρωση. Σε εφαρμογές της αλκοολικής ζύμωσης στηρίζεται η παραγωγή μύρας, κρασιού και ψωμιού. Η γαλακτική ζύμωση γίνεται σε μικροοργανισμούς αλλά και σε κύτταρα ανώτερων οργανισμών, όταν υπάρχει λίγη ποσότητα οξυγόνου διαθέσιμη. Σε εφαρμογές της γαλακτικής ζύμωσης στηρίζεται η Παρασκευή γάλακτος, η γιαούρτη και το τυρί, με τη βοήθεια όμως μικροοργανισμών.

Γνωρίζοντας ότι η κυτταρική αναπνοή είναι μια διαδικασία οξείδωσης οργανικών ουσιών, ξέρουμε για την παραγωγή ενέργειας (το αποτέλεσμα) από την οξείδωση των υδατανθράκων, ουσιών στις οποίες ανατρέχει το κύτταρο, εάν υπάρχουν τέτοιες στη διάθεσή του. Επόμενα στη σειρά μετά τους υδατάνθρακες έρχονται τα ουδέτερα λίπη, που αρχικά διασπώνται σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα. Από τα λιπαρά οξέα κάποια κύτταρα εξασφαλίζουν μόνο ένα μέρος της ενέργειας. Οι πρωτεΐνες είναι ένα ακόμη σύνολο ουσιών από τις οποίες το κύτταρο μπορεί να πάρει ενέργεια, κι έχουν και δομικό και λειτουργικό ρόλο στη ζωή του κυττάρου. Γι' αυτό λοιπόν, χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ενέργειας, μόνο αν δεν υπάρχουν καθόλου σάκχαρα ή λιπίδια, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια μακρόχρονης ασιτίας. Οι πρωτεΐνες υδρολύονται αρχικά σε αμινοξέα και στη συνέχεια απομακρύνονται οι αμινομάδες. Το υπόλοιπο μέρος του μορίου μπορεί να εισέλθει στον κύκλο του κιτρικού οξέος ή να μετατραπεί πρώτα σε λιπαρό οξύ ή σε πυροσταφυλικό οξύ ή σε ακετυλο-συνένζυμο A και στη συνέχεια να ακολουθήσει η οξείδωσή του.

Συμπερασματικά, η φωτοσύνθεση με τη κυτταρική αναπνοή είναι διαδικασίες αντίστροφες, όσον αφορά τους υδατάνθρακες. Η ισορροπία μεταξύ αυτών των δύο διατηρεί την ισορροπία ανάμεσα στο διοξείδιο του άνθρακα και στο οξυγόνο.