



Μεταβολισμός

Αννα Ν.

- **Ενέργεια και οργανισμοί**
- **Ένζυμα –βιολογικοί καταλύτες**
- **Φωτοσύνθεση**
- **Κυτταρική αναπνοή**

Εισαγωγή

Ενέργεια υπάρχει στο περιβάλλον μας και η παρουσία της γίνεται φανερή με διάφορους τρόπους όπως οι κεραυνοί ,τα ηφαίστεια ,οι σεισμοί. Όλες οι διαδικασίες της ζωής απαιτούν ενέργεια: από το διπλασιασμό των χρωμοσωμάτων έως το διαχωρισμό και το μοίρασμά τους στα δύο θυγατρικά κύτταρα, και από τη διαφοροποίηση των κυττάρων ενός εμβρύου έως το σχηματισμό διαφορετικών ιστών .Ο όρος «ενέργεια» πρωτοχρησιμοποιήθηκε πριν από δυο περίπου αιώνες με τη βιομηχανική επανάσταση. Οι βιολόγοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η κατανόηση της σχέσης της ενέργειας με τους ίδιους τους οργανισμούς θα βελτίωνε τόσο την ποιότητα ζωής του ανθρώπου όσο και θα έδινε απαντήσεις σε ερωτήματα σχετικά με την ύπαρξη ή διατήρηση της ζωής ως αποτέλεσμα, αναπτύχθηκε ένας κλάδος της βιολογίας , η Βιοενεργητική

- **Ενέργεια και οργανισμοί**

Όλοι οι οργανισμοί εκτός από τους φωτοσυνθετικούς εξασφαλίζουν ενέργεια διασπώντας θρεπτικές ουσίες που περιέχονται στην τροφή τους .Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί δεσμεύουν ηλιακή ενέργεια και με ανόργανες ενώσεις που βρίσκουν στο περιβάλλον τους συνθέτουν τις θρεπτικές ουσίες που τους είναι απαραίτητες.

Οι οργανισμοί εξασφαλίζουν από το περιβάλλον τους ενέργεια και υλικά που συνήθως δεν μπορούν να τα αξιοποιήσουν άμεσα διότι η αξιοποίησή τους προϋποθέτει τη μετατροπή τους σε ενώσεις που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια ή για να οξειδωθούν και να παραχθεί ενέργεια ή ως πρώτη ύλη για τη σύνθεση μορίων που είναι απαραίτητα ως δομικά ή λειτουργικά συστατικά των οργανισμών . Το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που εξυπηρετούν αυτές τις διαδικασίες το ονομάζουμε μεταβολισμό .Μέσω του μεταβολισμού τους οι οργανισμοί διατηρούν σταθερές τις συνθήκες λειτουργίας τους .

Ο μεταβολισμός έχει δύο σκέλη τον καταβολισμό και τον αναβολισμό .Ο καταβολισμός περιλαμβάνει τις αντιδράσεις διάσπασης πολύπλοκων ουσιών σε απλούστερες με παράλληλη απόδοση ενέργειας. Ο αναβολισμός περιλαμβάνει αντιδράσεις σύνθεσης πολύπλοκων χημικών ουσιών από πιο απλές . Οι καταβολικές αντιδράσεις αποδίδουν ενέργεια (εξώθερμες),ενώ οι αναβολικές απορροφούν ενέργεια (ενδόθερμες)

Μεταφορά ενέργειας στα κύτταρα

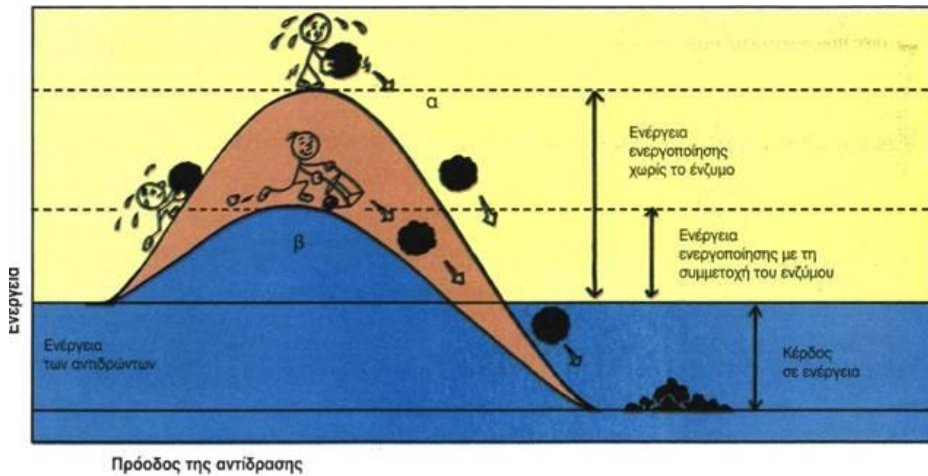
Η μεταφορά ενέργειας στα κύτταρα απ' το σημείο που παράγεται στο σημείο όπου καταναλώνεται επιτυγχάνεται με τη σύζευξη εξώθερμων με ενδόθερμες αντιδράσεις .Όταν

Γίνεται μια αντίδραση διάσπασης , ένα μέρος της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα και απελευθερώνεται στο περιβάλλον. Η υπόλοιπη ενέργεια χρησιμοποιείται σε μια αντίδραση σύνθεσης που απαιτεί ενέργεια. Η ενέργεια που προσφέρεται στην τελευταία αντίδραση αποθηκεύεται στους χημικούς δεσμούς των προϊόντων της .

Σε όλα τα κύτταρα, για τη μεταφορά της χημικής ενέργειας απ τις εξώθερμες στις ενδόθερμες αντιδράσεις χρησιμοποιείται κυρίως το μόριο τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) . Το ATP είναι ένα τριφωσφορικό νουκλεοτίδιο .Το ATP παραλαμβάνει και μεταφέρει ενέργεια σε οποιοδήποτε μέρος του κυτάρου, και την αποδίδει με μία χημική αντίδραση. Σε αυτό βοηθά η δομή του ,η δυνατότητα σχηματισμού του από ADP (διφωσφορική αδενοσίνη) , ένα φωσφορικό οξύ και ενέργεια, και το γεγονός ότι αυτή η αντίδραση είναι αμφίδρομη .Το ATP χαρακτηρίζεται ως ενεργειακό νόμισμα, επειδή προσφέρεται για τη μεταβίβαση ενέργειας απ την παραγωγή στην κατανάλωση. Επομένως το ATP ως κύριος άμεσος δότης ενέργειας για τα κύτταρα, θα πρέπει συνεχώς να αναγεννάτε από ADP και φωσφορικό οξύ. Όταν η ενέργεια του ADP εξαντληθεί οι

αποφορτισμένες μπαταρίες ADP επαναφορτίζονται και αυτό γίνεται με δύο τρόπους ,είτε με τη φωτοσύνθεση κατά την οποία φωτινή ενέργεια δεσμεύεται και μετατρέπεται σε χημική ,είτε με τη διάσπαση οργανικών ουσιών όπως η οξείδωση της γλυκόζης. Τα μόρια ATP δε συσσωρεύονται, στα τυπικά κύτταρα, ένα μόριο ATP καταναλώνεται μέσα σε ένα λεπτό από τη σύνθεσή του.

- Ένζυμα-Βιολογικοί καταλύτες



Η ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί σε κάποιες ουσίες για να αντιδράσουν, ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης και προαπαιτείται για όλες σχεδόν τις αντιδράσεις, ακόμη και τις εξώθερμες ,στο περιβάλλον , η ενέργεια ενεργοποίησης μπορεί να εξασφαλιστεί με προσφορά θερμότητας. Σε ότι αφορά τις αντιδράσεις του μεταβολισμού θα απαιτούσαν μεγάλα ποσά θερμότητας και μεγάλο χρόνο επίτευξης που θα δημιουργούσε πρόβλημα στους οργανισμούς αν τα κύτταρα δεν μπορούσαν να μειώσουν την ενέργεια ενεργοποίησης .Η μείωση της ενέργειας ενεργοποίησης επιτυγχάνεται με τη μεσολάβηση των ενζύμων.

Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες που καταλύουν αντιδράσεις .Με την παρουσία τους η ταχύτητα των αντιδράσεων αυξάνεται ακόμη και μέχρι εκατό εκατομμύρια φορές , αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων μορίων ή μορίων-υποστρωμάτων. Ο προσανατολισμός των μορίων-υποστρωμάτων γίνεται στο ενεργό κέντρο του ενζύμου που αποτελεί μια μικρή περιοχή του. Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά. Η σύνδεση των υποστρωμάτων με το ένζυμο έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των αντιδρώντων μορίων.

Οι ιδιότητες των ενζύμων

Τα ένζυμα έχουν πρωτεϊνική σύσταση και οι ιδιότητες τους είναι οι ακόλουθες:

1. Η καταλυτική δράση των ενζύμων καθορίζεται από την τριτοταγή δομή του πρωτεϊνικού μορίου τους και χάνεται όταν η δομή αυτή αλλοιωθεί.
2. Η δράση των ενζύμων είναι ταχύτατη.
3. Τα ένζυμα δεν μετέχουν στην αντίδραση που καταλύουν ,μένουν

αναλλοίωτα και μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές ώσπου να καταστραφούν

4. Το κάθε ένζυμο, έχει μεγάλη εξειδίκευση διότι ταιριάζει ανατομικά με τα αντιδρώντα μίας αντίδρασης ή μίας σειράς στενών συγγενικών αντιδράσεων.
5. Η δραστηριότητα των ενζύμων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες π.χ. Θερμοκρασία, pH, κ. α .
6. Τα ένζυμα ανάλογα με τη θέση τους, διακρίνονται σε :ενδοκυτταρικά όταν δρουν στα κύτταρα ελεύθερα ή δεσμευμένα σε μεμβράνες ή εξωκυτταρικά ,όταν εκκρίνονται και δρουν έξω από τα κύτταρα σε κοιλότητες π .χ στομάχι.

Τα ένζυμα παίρνουν το όνομά τους είτε με προσθήκη της κατάληξης –άση στο όνομα του υποστρώματός τους ή στον τύπο της αντίδρασης που καταλύουν.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων ,είναι οι εξής :

Θερμοκρασία: Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια άριστη θερμοκρασία στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης ,γίνεται μέγιστη .Τα περισσότερα ένζυμα δρουν άριστα σε θερμοκρασίες μεταξύ 36-38 °C .Γύρω στους 50 °C η ταχύτητα αρχίζει να πέφτει διότι αλλοιώνεται μόνιμα η τριτοταγής δομή του ενζύμου και ακόμα και αν μειωθεί η θερμοκρασία δεν ανακάτ πια την δραστηριότητα του.

pH: Τα ένζυμα επηρεάζονται από μεταβολές του pH. Ισχυρά όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσει μερική ή ολική καταστροφή τους. Για κάθε ένζυμο υπάρχει ορισμένη τιμή pH στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης που καταλύει ,είναι η μέγιστη. Για τα πιο πολλά ένζυμα η τιμή κυμαίνεται σε 5-9 pH

Συγκέντρωση του υποστρώματος : Η αύξηση της συγκέντρωσης του υποστρώματος αυξάνει ως ένα όριο την ταχύτητα της αντίδρασης .Πέρα απ το όριο αυτό η ταχύτητα σταθεροποιείται ,γιατί όλα τα ένζυμα είναι δεσμευμένα και τα υπόλοιπα μόρια υποστρωμάτων περιμένουν την αποδέσμευσή τους .

Συγκέντρωση ενζύμου : Η ταχύτητα αντίδρασης αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του ενζύμου

Αναστολείς της δράσης των ενζύμων

Οι ουσίες που αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων λέγονται αναστολείς και διακρίνονται σε α)μη αντιστρεπτούς , β) σε αντιστρεπτούς .Οι μη αντιστρεπτοί συνδέονται με το ένζυμο αδρανοποιώντας το μόνιμα. Οι αντιστρεπτοί αναστολείς αδρανοποιούν προσωρινά τα ένζυμα.

Συμπαράγοντες ενζύμων

Συμπαράγοντες λέγονται ουσίες μη πρωτεϊνικές αναγκαίες για να δράσουν ορισμένα ένζυμα.

Οι συμπαράγοντες μπορεί να είναι : ανόργανα ιόντα ή και οργανικές ενώσεις ,σε

αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα συνένζυμα που είναι βιταμίνες ή περιέχουν βιταμίνες.

- **Φωτοσύνθεση**

Αυτότροφοι και ετερότροφοι οργανισμοί

Από την ενέργεια του ήλιου που εκπέμπεται υπό μορφή ακτινοβολίας, ένα μικρό μέρος της παγιδεύεται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, μετατρέπεται σε χημική και αποθηκεύεται σε οργανικά μόρια τα οποία παράγουν οι οργανισμοί αυτοί μέσα από μια διαδικασία που ονομάζουμε φωτοσύνθεση. Η φωτοσύνθεση είναι ίσως η πιο σημαντική μεταβολική πορεία. Κατά τη φωτοσύνθεση η δέσμευση της φωτεινής ενέργειας γίνεται από τη χλωροφύλλη και τις άλλες συνθετικές χρωστικές, όπου με τη βοήθειά τους οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί συνθέτουν γλυκόζη, χρησιμοποιώντας το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό που βρίσκουν στο περιβάλλον. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί ανήκουν στους αυτοτροφους οργανισμούς, διότι παράγουν μόνοι τους όλες τις απαραίτητες οργανικές ουσίες χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το προϊόν της φωτοσύνθεσης, λέγονται και παραγωγοί οργανισμοί. Οι οργανισμοί που δεν μπορούν να συνθέσουν μόνοι τους οργανικές ενώσεις και τις προμηθεύονται έτοιμες από το περιβάλλον τους, λέγονται ετερότροφοι, τους λέμε επίσης και καταναλωτές. Ικανότητα φωτοσύνθεσης έχουν όλοι οι οργανισμοί που διαθέτουν φωτοσυνθετικές χρωστικές. Από τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, φωτοσύνθεση γίνεται στα φυτά και στα φύκι και από τους προκαρυωτικούς σε ορισμένα βακτήρια και στα κυανοφύκη.

Σημασία της φωτοσύνθεσης

Όλοι οι οργανισμοί εξαρτώνται από την φωτοσύνθεση, καθώς οι ουσίες που παράγονται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς αποτελούν πηγές θρεπτικών ουσιών για τους ετερότροφους οργανισμούς: άμεσα για τους φυτοφάγους και έμμεσα για τους σαρκοφάγους. Οι νεκροί οργανισμοί διασπώνται από μία κατηγορία ετερότροφων οργανισμών, τους αποικοδομητές. Σε αυτούς ανήκουν βακτήρια και μύκητες. Τα προϊόντα της αποικοδόμησης (π.χ. CO₂, H₂O) μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν απ τα φυτά και άλλους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς για να συνθέσουν οργανική ύλη.

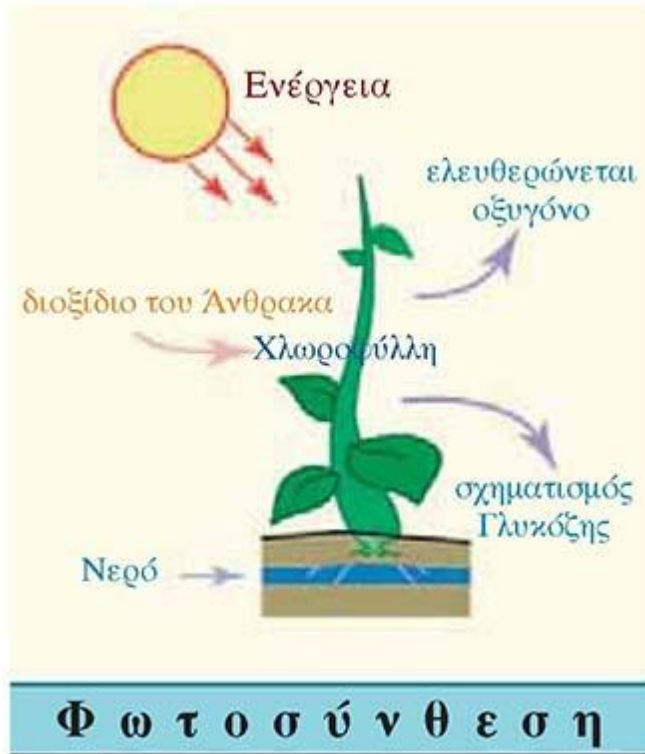
Το φύλλο ως όργανο φωτοσύνθεσης των φυτών

Η φωτοσύνθεση γίνεται στα πράσινα μέρη των φυτών. Η δομή του φύλλου είναι προσαρμοσμένη για να γίνεται η φωτοσύνθεση. Σε εγκάρσια τομή του βλέπουμε την πάνω και την κάτω επιδερμίδα που καλύπτονται συνήθως από εφυμενίδα. Ανάμεσα στις δύο επιδερμίδες βρίσκεται το μεσόφυλλο που διασχίζεται από αγγεία. Η κάτω επιδερμίδα έχει μικρά ανοίγματα, τα στόματα και

καθένα απ αυτά περιβάλλεται από ζευγάρι κυττάρων ,τα καταφρακτικά κύτταρα .Τα κύτταρα του μεσόφυλλου διαθέτουν πολλούς χλωροπλάστες. Η είσοδος του CO₂ γίνεται με διάχυση απ τα στόματα προς τους μεσοκυττάριους χώρους των κυττάρων του μεσόφυλλου και φτάνει στους χλωροπλάστες. Το νερό εισέρχεται στις ρίζες από το έδαφος και μέσω των αγγείων φτάνει στα φύλλα. Μαζί με το νερό μεταφέρονται ιόντα που χρησιμεύουν στη σύνθεση πρωτεϊνών και άλλων ουσιών. Κατά τη φωτοσύνθεση παράγεται οξυγόνο που εξέρχεται από τα στόματα των φύλλων στην ατμόσφαιρα. Το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων βοηθά το φυτό να ελέγχει το ρυθμό εξάτμισης του νερού

Ορατό φώς-Φωτοσυνθετικές χρωστικές

Το ορατό φώς που περνά μέσα από ένα πρίσμα αναλύεται σε ακτινοβολίες διάφορων μηκών κύματος .Αυτές αντιστοιχούν σε διάφορα χρώματα. Στο κύτταρο η φωτεινή ακτινοβολία δεσμεύεται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές οι οποίες στα ανώτερα φυτά βρίσκονται στα grana των χλωροπλαστών και ανήκουν στις χλωροφύλλες και στα καροτενοειδή. Οι χλωροφύλλες απορροφούν την μπλε και ερυθρή ακτινοβολία και ανακλούν την πράσινη δίνοντας στα φυτά το πράσινο χρώμα, ενώ τα καροτενοειδή απορροφούν κυρίως τη μπλε ακτινοβολία. Το φθινόπωρο στα φυλλοβόλα φυτά ,οι χλωροφύλλες δεν ξανασχηματίζονται. Με την απουσία τους εμφανίζονται άλλες χρωστικές όπως τα καροτενοειδή ,οι οποίες ανακλούν ακτινοβολίες διαφορετικού μήκους κύματος, όπως το πράσινο και το πορτοκαλί. Ως αποτέλεσμα έχουμε την ποικιλία χρωμάτων στα φύλλα διάφορων φυτών. Η ποικιλία φωτοσυνθετικών χρωστικών, βοηθά τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς να αξιοποιούν τις ακτινοβολίες του ορατού φωτός ώστε να εξασφαλίζουν ενέργεια για τη φωτοσύνθεση



Πορεία της φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει δύο ομάδες αντιδράσεων, αυτές που εξαρτώνται από το φως (φωτεινή φάση) και αυτές που είναι ανεξάρτητες απ την ύπαρξη φωτός (σκοτεινή φάση). Κατά τις αντιδράσεις της φωτεινής φάσης η φωτεινή ενέργεια χρησιμοποιείται για τη σύνθεση μορίων ATP και τη δημιουργία υδρογόνου. Κατά τις αντιδράσεις της σκοτεινής φάσης, τα μόρια του ATP και του υδρογόνου χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή του CO₂ σε γλυκόζη.

Φωτεινή φάση: Στη διάρκεια της μόρια χλωροφύλλης που είναι ομαδοποιημένα στα grana των χλωροπλάστων, δεσμεύουν φωτεινή ενέργεια και διεγείρονται και στη συνέχεια αποδιεγείρονται. Η ενέργεια που αποδίδεται κατά την αυτοδιέγερση των μορίων αυτών, προκαλεί τον ιονισμό άλλων μορίων χλωροφύλλης. Μέρος της ενέργειας που παράγεται, προκαλεί τη διάσπαση μορίων νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Παράλληλα σχηματίζεται ATP από ADP.

Σκοτεινή φάση: Στις πρώτες αντιδράσεις της σκοτεινής φάσης, γίνεται δέσμευση του CO₂ από μια πεντόζη. Ακολουθεί μια σειρά αντιδράσεων κατά τις οποίες με τη βοήθεια των μορίων ATP και NADPH που έχουν παραχθεί απ τις αντιδράσεις της φωτεινής φάσης, παράγεται τελικά γλυκόζη και άλλες ουσίες.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της φωτοσύνθεσης

Η απόδοση της φωτοσύνθεσης μεταβάλλεται, διότι επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες που δε μένουν σταθεροί στη διάρκεια του έτους.

Ως αποτέλεσμα, τα φυτά δεν αναπτύσσονται με τον ίδιο ρυθμό στη διάρκεια του έτους.

Η θερμοκρασία: Η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία διότι σε υψηλή και σταθερή ένταση φωτός, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η απόδοση της φωτοσύνθεσης. Όταν η θερμοκρασία περάσει τους 30°C η απόδοση της φωτοσύνθεσης μειώνεται.

Το φως: Η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση της έντασης του φωτός ως ένα σημείο γιατί στη συνέχεια, η απόδοση της παραμένει σταθερή.

Το διοξείδιο του άνθρακα: Η απόδοση της φωτοσύνθεσης εξαρτάται από τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα. Σε υψηλή ένταση φωτός και σταθερή θερμοκρασία, η απόδοση της φωτοσύνθεσης αυξάνεται με την αύξηση συγκέντρωσης του CO² του αέρα ως ένα σημείο γιατί στη συνέχεια παραμένει σταθερή.

Το νερό: Σε ότι αφορά τη φωτοσύνθεση, η ελάττωση της απόδοσης της που βλέπουμε σε συνθήκες ξηρασίας, οφείλεται στην έλλειψη του νερού αλλά και στο κλείσιμο των στομάτων

Τα ανόργανα άλατα: Τα φυτά δεν μπορούν να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας μόνο διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Για να διατηρήσουν τη δομή και λειτουργικότητα τους, χρειάζονται και άλλα στοιχεία ή χημικές ενώσεις που δεν παράγονται με τη φωτοσύνθεση. Όταν στο έδαφος που αναπτύσσεται το φυτό, υπάρχει έλλειψη των στοιχείων αυτών, τότε τα φύλλα του μένουν κίτρινα και η ταχύτητα φωτοσύνθεσης, παραμένει χαμηλή

• Κυτταρική αναπνοή

Στο πεπτικό σύστημα του μεγάλου μοριακού βάρους, συστατικά τη τροφής, διασπώνται βαθμιαία σε πιο απλά (πέψη). Πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπίδια, νουκλεϊνικά οξέα διασπώνται σε αμινοξέα, απλά σάκχαρα, λιπαρά οξέα και γλυκερίνη, νουκλεοτίδια αντιστοίχως. Τα απλά μόρια, μέσω του κυκλοφορικού συστήματος ή του λεμφικού, άγονται στους ιστούς. Η πέψη των μακρομορίων, δεν αποδίδει ATP στον οργανισμό. Οι ουσίες που προκύπτουν από τη διάσπαση των μακρομορίων αξιοποιούνται με τους εξής τρόπους α) τα φυτικά ή ζωικά κύτταρα συνθέτουν τα δικά τους μεγαλομοριακά, δομικά ή λειτουργικά χαρακτηριστικά, ή β) αποσπούν χημική ενέργεια με οξειδωση τους κατά την κυτταρική αναπνοή. Συχνά οξειδώνουν και φθαρμένα απ τη χρήση συστατικά τους π.χ. ένζυμα(ανάκληση).

Κατά την ελευθέρωση ενέργειας με οξειδώσεις, συμβαίνουν τα ακόλουθα:

α) ένα ποσοστό ενέργειας χάνεται για το κύτταρο με τη μορφή θερμότητας

β) το υπόλοιπο δεσμεύεται στη μορφή χημικής ενέργειας ATP

Η κυτταρική αναπνοή διακρίνεται σε αερόβια και αναερόβια ανάλογα με το αν το οξειδωτικό μέσο είναι το οξυγόνο ή όχι.

Το κύτταρο για να πάρει ενέργεια, διασπά συνήθως υδατάνθρακες λίπη, στην ανάγκη διασπά και πρωτεΐνες .

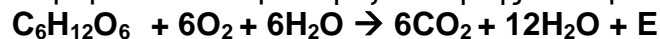
Παραγωγή ενέργειας από τη διάσπαση υδατανθράκων(γλυκόζη)

Η διάσπαση της γλυκόζης περιλαμβάνει τρεις διαδικασίες: τη γλυκόλυση, τον κύκλο του κιτρικού οξέος ή τον κύκλο Κρέμπς και την οξειδωτική φωσφορυλίωση. Η γλυκόλυση γίνεται στο κυτταρόπλασμα χωρίς χρήση οξυγόνου. Η γλυκόζη διασπάται σε δυο τριόζες που μετατρέπονται σε 2 πυροσταφυλικά οξέα. Έτσι το κύτταρο κερδίζει δύο ATP ενώ παράγονται και δύο NADH. Το πυροσταφυλικό οξύ εξαρτάται από το αν υπάρχει οξυγόνο στο περιβάλλον και αν το κύτταρο μπορεί να το χρησιμοποιήσει. Έχουμε λοιπόν τις εξής περιπτώσεις: α) αερόβια αναπνοή, όπου το πυροσταφυλικό οξύ οξειδώνεται πλήρως προς CO₂ και H₂O, β) αναερόβια αναπνοή, όπου το πυροσταφυλικό οξύ μετατρέπεται σε αιθανόλη ή σε γαλακτικό οξύ, ανάλογα με το είδος του κυττάρου.

Αερόβια αναπνοή :

Κύκλος του κιτρικού οξέος: Γίνεται στη μήτρα των μιτοχονδρίων χωρίς τη χρήση οξυγόνου. Το πυροσταφυλικό οξύ που έχει 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 CO₂. Από το ακετυλο-συνένζυμο Α που μπαίνει στον κύκλο του κιτρικού οξέος, μεταξύ άλλων, σχηματίζονται ATP και CO₂. Το κέρδος σε ενέργεια από τη διάσπαση κάθε αρχικού μορίου γλυκόζης, σ' αυτό το στάδιο είναι δυο μόρια ATP.

Οξειδωτική φωσφορυλίωση: Οι αντιδράσεις της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης γίνονται στις αναδιπλώσεις της εσωτερικής μεμβράνης του μιτοχονδρίου και για τη διεξαγωγή τους χρησιμοποιείται οξυγόνο. Κατά την πραγματοποίηση αυτών των αντιδράσεων γίνεται απελευθέρωση ενέργειας, μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή 32 μορίων ATP από ADP+P_i. Στα τελικά προϊόντα αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνεται H₂O. Τελικά από την πλήρη οξείδωση ενός μορίου γλυκόζης σε CO₂ και νερό παράγονται συνολικά 36 μόρια ATP. Η γενική εξίσωση της κυτταρικής αναπνοής είναι :

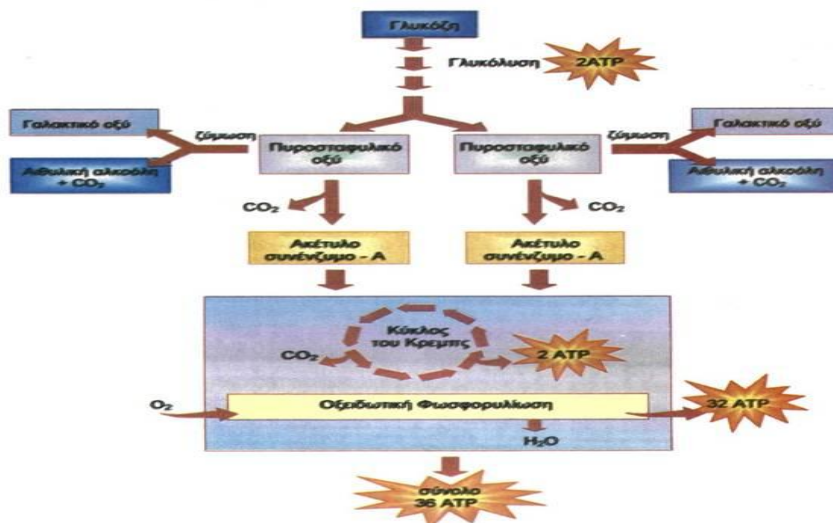


Έλεγχος αερόβιας κυτταρικής αναπνοής

Η κυτταρική αναπνοή ελέγχεται με τους ακόλουθους τρόπους:

1. Όταν παραχθούν πολλά ATP αναστέλλεται η δράση ενός ενζύμου της γλυκόλυσης, μέχρι να μειωθεί η συγκέντρωση των μορίων ATP. Έτσι αποτρέπεται η κατανάλωση όλων των μορίων αποθηκών ενέργειας όταν δεν υπάρχει ανάγκη.
2. Όταν λείπει το οξυγόνο, δεν επιτελείται ο κύκλος του Κρέμπς. Έτσι αποτρέπεται η συσσώρευση των προϊόντων του αφού για την κατανάλωσή τους απαιτείται οξυγόνο.

Αναερόβια αναπνοή



Αρχικά η γλυκόζη με γλυκόλυση διασπάται σε δύο πυροσταφυλικά οξέα με απόδοση δύο μορίων ATP και δύο μορίων NADH, όπως και στην αερόβια αναπνοή. Κατόπιν τα δύο NADH οξειδώνονται δίνοντας τα υδρογόνα τους στα δύο πυροσταφυλικά οξέα τα οποία μετατρέπονται α) Στην **αλκοολική ζύμωση** τα δύο πυροσταφυλικά οξέα μετατρέπονται σε δύο μόρια αιθυλικής αλκοόλης και δυο CO₂, β) Στη **γαλακτική ζύμωση** τα δύο πυροσταφυλικά οξέα μετατρέπονται σε δύο μόρια γαλακτικού οξέος. Εκτός από τα δύο μόρια ATP, μικρό ποσοστό ενέργειας χάνεται ως θερμότητα.

Η **αλκοολική ζύμωση** επιτελείται κυρίως στις ζύμες(μονοκύτταρους οργανισμούς που ανήκουν στους μύκητες)και σε τμήματα ορισμένων φυτών.

Η **Γαλακτική ζύμωση** επιτελείται σε μικροοργανισμούς(βακτήρια) και σε κύτταρα ανώτερων οργανισμών (π.χ. στα μυϊκά)συγχρόνως με την αερόβια αναπνοή, όταν δεν επαρκεί το οξυγόνο για να παραχθεί όλη η ενέργεια που χρειάζονται.

Οι ζυμώσεις χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο στη βιομηχανία τροφίμων. Η αλκοολική ζύμωση αξιοποιεί την παραγωγή: μπύρας, κρασιού, ψωμιού. Η γαλακτική ζύμωση αξιοποιείται στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων

Σχέση φωτοσύνθεσης και κυτταρικής αναπνοής

Όσον αφορά τους υδατάνθρακες, η φωτοσύνθεση και η κυτταρική αναπνοή είναι αντίστροφες διαδικασίες. Η ισορροπία ανάμεσα στις δύο αυτές διαδικασίες διατηρεί και την ισορροπία μεταξύ CO₂ και O₂ της ατμόσφαιρας.