

**Ομοιόσταση** ονομάζεται η ικανότητα του οργανισμού να διατηρεί σταθερές τις συνθήκες στο εσωτερικό του (π.χ. θερμοκρασία, συγκεντρώσεις διαφόρων συστατικών) παρά τις εξωτερικές μεταβολές.

**Ομοιοστατικοί μηχανισμοί** ονομάζονται οι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνεται η ομοιόσταση, δηλαδή αυτοί που ρυθμίζουν:

1. τη θερμοκρασία του σώματος,
2. τη συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα,
3. το pH του αίματος, που πρέπει να μένει σταθερό στο 7,4,
4. τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> (διοξειδίου του άνθρακα) στο αίμα
5. και το ανοσοβιολογικό σύστημα, το οποίο έχει αποστολή την αναγνώριση και την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

### **Σε περίπτωση υψηλής εξωτερικής θερμοκρασίας:**

Θερμοϋποδοχείς δέρματος ανιχνεύουν τις θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος → κέντρο των γενικών αισθήσεων στον εγκέφαλο → ειδικό κέντρο ρύθμισης της θερμοκρασίας αποστέλλει μηνύματα → i) στους ιδρωτοποιούς αδένες, προκαλώντας έκκριση ιδρώτα, ii) στα αγγεία της επιφάνειας του δέρματος προκαλώντας τη διαστολή τους → χάρη στην εξάτμιση του ιδρώτα, η θερμοκρασία του δέρματος έχει μειωθεί, λόγω της διαστολής των αγγείων, φτάνουν αυξημένες ποσότητες αίματος → αποτέλεσμα, το αίμα που φτάνει ως το δέρμα ψύχεται.

### **Διαταραχές της ομοιόστασης (ασθένεια) από:**

- α) παθογόνους μικροοργανισμούς,
- β) ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασίας, ακτινοβολιών, διαθεσιμότητας οξυγόνου),
- γ) τον τρόπο ζωής (κάπνισμα, οινόπνευματώδη ποτά κ.ά.).

**Μικροοργανισμοί ή μικρόβια:** χαρακτηρίζονται οι οργανισμοί οι οποίοι δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι, διότι έχουν μέγεθος μικρότερο από 0,1 mm.

**Παράσιτα:** για να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν, μπορεί να περνούν ένα μέρος ή όλη τη ζωή τους στο εσωτερικό κάποιου άλλου οργανισμού.

**Ξενιστής:** χαρακτηρίζεται ο οργανισμός που «φιλοξενεί» παράσιτα.

Οι μικροοργανισμοί, ανάλογα με τη σημασία τους για τον άνθρωπο, διακρίνονται στους εξής:

α) **Παθογόνους:** είναι όσα από τα παράσιτα του ανθρώπου μπορούν να προκαλέσουν διαταραχές στην υγεία του.

β) **Χρήσιμους ή απαραίτητους:** είναι εκείνοι που όχι μόνο δεν είναι αβλαβείς, αλλά συχνά χρήσιμοι ή ωφέλιμοι i) αποικοδόμηση της νεκρής οργανικής ύλης, ii) στην παραγωγή ποικίλων χρήσιμων ουσιών για την υγεία (αντιβιοτικά), τη διατροφή.

γ) **Δυνητικά παθογόνους:** παράσιτα του ανθρώπου αποτελούν τη φυσιολογική μικροχλωρίδα του (και στο δέρμα), εφόσον ζουν σε συγκεκριμένο ιστό ή όργανο και ο πληθυσμός τους δεν είναι υπέρμετρος.

Παράγουν χρήσιμες ουσίες, π.χ. το βακτήριο *Escherichia coli*, που ζει στο έντερο, παράγει τη βιταμίνη Κ, συμβάλλουν στην άμυνα του οργανισμού.

Οι δυνητικά παθογόνοι μικροοργανισμοί προκαλούν ασθένειες, όταν για κάποιο λόγο:

i) πολλαπλασιαστούν υπέρμετρα (π.χ. αν ο ξενιστής εκδηλώσει μειωμένη αντίσταση),

ii) βρεθούν σε άλλους ιστούς ή όργανα.

## 2

**Κατηγορίες παθογόνων μικροοργανισμών:**

α) ευκαρυωτικοί: πρωτόζωα και μύκητες,

β) προκαρυωτικοί: βακτήρια,

γ) ιοί, οι οποίοι αποτελούν ακυτταρικές, μη αυτοτελείς μορφές ζωής.

### Πρωτόζωα

Είναι μονοκύτταροι **ευκαρυωτικοί** οργανισμοί.

Τα περισσότερα αναπαράγονται μονογονικά με **διχοτόμηση**.

Κινούνται είτε σχηματίζοντας **ψευδοπόδια** (π.χ. αμοιβάδα) είτε με **βλεφαρίδες** ή **μαστίγια**.

1. **Πλασμώδιο**, που μεταδίδεται από τα κουνούπια και προκαλεί ελονοσία,

2. **Τρυπανόσωμα**, που μεταδίδεται από τη μύγα τσετσέ και προκαλεί την ασθένεια του ύπνου,

3. **Ιστολυτική αμοιβάδα**, που προκαλεί αμοιβαδοειδή δυσεντερία,

4. **Τοξόπλασμα**, που μεταδίδεται από κατοικίδια ζώα, προσβάλλει βασικά όργανα (π.χ. πνεύμονες, ήπαρ, σπλήνα) και προκαλεί αποβολές στις εγκύους.

5. **Τριχομονάδες**.

## Μύκητες

Είναι **ευκαρυωτικοί** μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι.

Οι πιο πολλοί μύκητες συγκροτούνται από πιο απλές νηματοειδείς δομές, τις **υφές**.

Παρασιτούν σε ζωντανούς οργανισμούς ή ζουν ελεύθεροι στο έδαφος, στο νερό, στον αέρα, στα τρόφιμα.

Πολλοί μύκητες αναπαράγονται μονογονικά με απλή **διχοτόμηση**, ενώ άλλοι (μονογονικά επίσης) αναπαράγονται με **εκβλάστηση**. Κατά την εκβλάστηση σε κάποιο σημείο του αρχικού κυττάρου σχηματίζεται το **εκβλάστημα**, ένα εξόγκωμα, όταν αναπτυχθεί αρκετά, α) να μείνει ενωμένο με το γονικό οργανισμό, β) να αποκοπεί και να ζει ως αυτοτελής οργανισμός.

Τα νοσήματα που προκαλούνται από μύκητες ονομάζονται **μυκητιάσεις**.

**Candida albicans**, ανάλογα με το όργανο που προσβάλλει, προκαλεί πνευμονική καντιντίαση, κολπίτιδα ή στοματίτιδα.

**Δερματόφυτα**, προσβάλλουν το δέρμα, ιδίως το τριχωτό της κεφαλής, αλλά και τις μεσοδακτύλιες περιοχές των ποδιών προκαλούν ερυθρότητα και έντονο κνησμό.

## Βακτήρια

Είναι **προκαρυωτικοί** (δηλαδή χωρίς οργανωμένο πυρήνα) οργανισμοί.

Συνήθως σχηματίζουν **αποικίες**.

Το σχήμα τους μπορεί να είναι ελικοειδές (**σπειρύλλια**), σφαιρικό (**κόκκοι**) ή ραβδοειδές (**βάκιλοι**).

Το γενετικό υλικό τους (**DNA**) εντοπίζεται κατά κανόνα σε ένα συγκεκριμένο χώρο, που ονομάζεται πυρηνική περιοχή ή **πυρηνοειδές**. Συχνά διαθέτουν και άλλα πιο μικρά μόρια γενετικού υλικού, τα **πλασμίδια**.

Γύρω από την **πλασματική μεμβράνη** τους υπάρχει το **κυτταρικό τοίχωμα**, ενώ ορισμένα διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, την **κάψα**.

**Δεν** διαθέτουν **μεμβρανώδη οργανίδια**, όμως **έχουν ριβοσώματα**, όπου συνθέτουν τις πρωτεΐνες τους.

Ορισμένα βακτήρια διαθέτουν **μαστίγια και βλεφαρίδες**.

Αναπαράγονται κυρίως μονογονικά με απλή **διχοτόμηση** (κάθε 20 λεπτά σε ευνοϊκές συνθήκες).

Πολλά βακτήρια, όταν οι συνθήκες είναι **αντίξοες** (π.χ. ακραίες θερμοκρασίες, παρουσία ακτινοβολιών), αποκτούν μια ανθεκτική μορφή, το **ενδοσπόριο**. Είναι ένα **αφυδατωμένο** κύτταρο με **ανθεκτικά τοιχώματα και χαμηλούς μεταβολικούς ρυθμούς**. Εάν οι συνθήκες του περιβάλλοντος ξαναγίνουν ευνοϊκές, το ενδοσπόριο βλαστάνει δίνοντας ένα βακτήριο.

Χαρακτηριστικά παθογόνα βακτήρια: α) το *Vibrio cholerae*, που προκαλεί τη **χολέρα**, β) το *Treponema pallidum*, που προκαλεί τη **σύφιλη**.

## **Ιοί**

**Ακυτταρικές μη αυτοτελείς μορφές ζωής.**

Πολύ μικρό μέγεθος (20-250 nm).

Αποτελούνται από ένα **πρωτεϊνικό** περίβλημα με **χαρακτηριστική γεωμετρία**, το **καψίδιο**, μέσα στο οποίο προφυλάσσεται το γενετικό τους υλικό. Ορισμένοι ιοί διαθέτουν και ένα επιπλέον περίβλημα, το **έλυτρο** (λιποπρωτεϊνικής φύσης).

Το γενετικό υλικό ενός ιού μπορεί να είναι είτε DNA είτε RNA και διαθέτει πληροφορίες (γονίδια) για τη **σύνθεση των πρωτεϊνών του περιβλήματος αλλά και για τη σύνθεση κάποιων ενζύμων απαραίτητων για τον πολλαπλασιασμό του.**

**Οι ιοί εξασφαλίζουν από τον ξενιστή τους μηχανισμούς αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης, καθώς και τα περισσότερα ένζυμα που τους είναι απαραίτητα για τις λειτουργίες αυτές. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως υποχρεωτικά ενδοκυτταρικά παράσιτα.**

Οι ιοί διακρίνονται σε ιούς βακτηρίων, ιούς φυτών και ιούς ζώων.

Ένας ιός παρασιτεί σε συγκεκριμένο είδος κυττάρου ή ιστού ενός οργανισμού.

Για παράδειγμα, ο ιός της πολιομυελίτιδας στον άνθρωπο προσβάλλει τα νευρικά κύτταρα του νωτιαίου μυελού, ενώ ο ιός της γρίπης τα επιθηλιακά κύτταρα της αναπνευστικής οδού. DNA και RNA ιοί.

## **3**

**Μόλυνση:** η είσοδος ενός παθογόνου μικροοργανισμού στον οργανισμό του ανθρώπου.

Η εγκατάσταση και ο πολλαπλασιασμός του παθογόνου μικροοργανισμού ονομάζεται **λοίμωξη**.

**Λοιμώδη νοσήματα:** ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνους μικροοργανισμούς.

## «κριτήρια του Κοχ»

Σύμφωνα με τα κριτήρια αυτά, μια ασθένεια οφείλεται σε έναν παθογόνο μικροοργανισμό, όταν ο μικροοργανισμός αυτός:

**Ανιχνεύεται** στους ιστούς ή στα υγρά του ασθενούς ή στον οργανισμό ατόμων που πέθαναν από αυτή την ασθένεια.

Μπορεί να **απομονωθεί** και να **καλλιεργηθεί** στο εργαστήριο.

Μπορεί να **προκαλέσει** την ίδια ασθένεια σε πειραματόζωα αλλά και να **απομονωθεί** εκ νέου από αυτά.

Πολλά βακτήρια απειλούν την υγεία μας μέσω των ουσιών που παράγουν. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται τοξίνες και διακρίνονται σε **ενδοτοξίνες και εξωτοξίνες**.

**Οι ενδοτοξίνες** βρίσκονται στο κυτταρικό τοίχωμα ορισμένων παθογόνων βακτηρίων και είναι υπεύθυνες για συμπτώματα όπως ο πυρετός, η πτώση της πίεσης του αίματος κ.ά.

**Οι εξωτοξίνες** εκκρίνονται από τα παθογόνα βακτήρια και με την κυκλοφορία του αίματος διασπείρονται στο εσωτερικό του ανθρώπινου οργανισμού και προσβάλλουν, ανάλογα με τη φύση τους, συγκεκριμένα όργανα.

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί **μεταδίδονται** στον άνθρωπο με την τροφή και το νερό, με την επαφή με μολυσμένα ζώα, με τα σταγονίδια του βήχα ασθενούς ατόμου, με την άμεση επαφή με μολυσμένα άτομα, καθώς και με την έμμεση επαφή με αντικείμενα που έχουν χρησιμοποιηθεί από μολυσμένο άτομο.

Τα παθογόνα μικρόβια **εισέρχονται** συνήθως στον οργανισμό μας από κάποια ασυνέχεια του δέρματος ή από τους βλεννογόνους που υπάρχουν σε κοιλότητες του οργανισμού όπως το στόμα, το στομάχι, ο κόλπος.

## Πρόληψη

**Προσωπική και δημόσια υγιεινή**, δέρμα, τα μαλλιά και ειδικά τα **χέρια πρέπει να πλένονται τακτικά**.

Τρόφιμα, όπως τα **λαχανικά, θα πρέπει να πλένονται καλά, ενώ άλλα, όπως το γάλα, θα πρέπει να παστεριώνονται**. Με την **παστερίωση** το γάλα θερμαίνεται στους 62°C για μισή ώρα, οπότε καταστρέφονται όλα τα παθογόνα αλλά και τα περισσότερα μη παθογόνα μικρόβια, ενώ συγχρόνως διατηρείται η γεύση του.

Το νερό θα πρέπει να **χλωριώνεται**.

Χρήση **προφυλακτικού** κατά τη σεξουαλική επαφή. Χρήση εμβολίου.

## Αντιβιοτικά

Τα αντιβιοτικά είναι χημικές ουσίες με αντιμικροβιακή δράση.

Παράγονται από βακτήρια, μύκητες και φυτά.

**Πρώτο αντιβιοτικό** η πενικιλίνη, (από **μύκητα** του γένους Penicillium).

Τα αντιβιοτικά δρουν **επιλεκτικά**, με την έννοια ότι βλάπτουν μόνο τους μικροοργανισμούς και όχι τα κύτταρα του ανθρώπου.

Η αλόγιστη χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών **βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά**.

**Μηχανισμοί δράσης των αντιβιοτικών.**

Τα αντιβιοτικά δρουν αναστέλλοντας ή παρεμποδίζοντας κάποια ειδική βιοχημική αντίδραση του μικροοργανισμού.

Παρεμποδίζουν τη σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος των μικροοργανισμών (π. χ. η πενικιλίνη).

Αναστέλλουν κάποια αντίδραση του μεταβολισμού των μικροοργανισμών.

Παρεμβαίνουν στις λειτουργίες αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης του γενετικού υλικού των μικροοργανισμών.

Προκαλούν διαταραχές στη λειτουργία της πλασματικής μεμβράνης.

**Δεν υπάρχουν αντιβιοτικά έναντι των ιών. Επειδή τα αντιβιοτικά, γενικά, δρουν αναστέλλοντας την παραγωγή ουσιών (κάποια μεταβολική διαδικασία) στα βακτήρια, στους μύκητες και στα πρωτόζωα, δεν είναι αποτελεσματικά έναντι των ιών, καθώς αυτοί δε διαθέτουν δικό τους μεταβολικό μηχανισμό, αφού αποτελούν υποχρεωτικά κυτταρικά παράσιτα.**

Τα πιο συνηθισμένα **σεξουαλικά μεταδιδόμενα** νοσήματα (τα περισσότερα μεταδίδονται μέσω του αίματος και από μολυσμένη έγκυο στο έμβρυο) είναι:

1. Από βακτήρια: η σύφιλη, η γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (ή γονόρροια) και η λοίμωξη από χλαμύδια.
2. Από ιούς: ο απλός έρπητας, η λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων, το AIDS, η ηπατίτιδα Β και η ηπατίτιδα C.
3. Από πρωτόζωα: η λοίμωξη από τριχομονάδα.
4. Από μύκητες: η λοίμωξη από κάντιντα.

**Προκαλούν** στειρότητα, νοσηρότητα, θνησιμότητα.

Για την άμυνα του οργανισμού εναντίον των εξωτερικών παραγόντων επιτυγχάνεται με ένα σύνολο μηχανισμών, οι οποίοι μπορούν να διακριθούν τόσο με βάση τη θέση τους στο ανθρώπινο σώμα (**εξωτερικοί-εσωτερικοί μηχανισμοί**) όσο και με βάση την ιδιότητά τους να έχουν γενικευμένη (**μη ειδικό αμυντικό μηχανισμό**) ή εξειδικευμένη δράση (**ειδικό αμυντικό μηχανισμό**).

Το **αίμα**, τόσο με τα έμμορφα συστατικά του (κύτταρα: **λευκά αιμοσφαίρια**) όσο και με τα συστατικά του πλάσματος (**ουσίες με αντιμικροβιακή δράση**), αποτελεί το **βασικότερο παράγοντα οργάνωσης της άμυνας** (ειδικής και μη ειδικής) του ανθρώπινου οργανισμού.

**Όλα τα κύτταρα που συμμετέχουν στους μηχανισμούς άμυνας του οργανισμού μας προκύπτουν από τη διαφοροποίηση πολυδύναμων αιμοποιητικών κυττάρων, τα οποία βρίσκονται στον ερυθρό μυελό των οστών, που αποτελεί το κέντρο της αιμοποίησης.**

Η **μη ειδικά άμυνα** περιλαμβάνει μηχανισμούς που **παρεμποδίζουν την είσοδο μικροοργανισμών** στον οργανισμό μας **α) δέρμα, β) βλεννογόνοι**, αλλά και μηχανισμούς που **αντιμετωπίζουν γενικά τους μικροοργανισμούς**, αν καταφέρουν να εισέλθουν σ' αυτόν, **α) η φαγοκυττάρωση, β) η φλεγμονώδης αντίδραση, γ) ο πυρετός και δ) η δράση ορισμένων αντιμικροβιακών ουσιών.**

**Βασικό χαρακτηριστικό της μη ειδικής άμυνας είναι η δυνατότητα αντιμετώπισης οποιουδήποτε παθογόνου μικροοργανισμού.**

Η είσοδος των μικροβίων στο ανθρώπινο σώμα μπορεί να γίνει είτε μέσω του δέρματος, που καλύπτει όλη την εξωτερική επιφάνειά του, είτε μέσω των βλεννογόνων.

Το **δέρμα** εμποδίζει αποτελεσματικά την είσοδο των μικροβίων στον οργανισμό και λόγω της δομής του και λόγω των ουσιών που παράγονται από τους σμηγματογόνους και τους ιδρωτοποιούς αδένες του. Η **κεράτινη στιβάδα**, που αποτελεί ένα στρώμα νεκρών κυττάρων της επιδερμίδας, λειτουργεί ως φραγμός στην είσοδο των μικροβίων, ενώ το **γαλακτικό οξύ και η λυσοζύμη (ένζυμο που διασπά το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων)**, τα οποία περιέχονται στον ιδρώτα, και **τα λιπαρά οξέα**, τα οποία περιέχονται στο σμήγμα, δημιουργούν δυσμενές χημικό περιβάλλον για τα μικρόβια. Παράλληλα, στην επιφάνεια του δέρματός μας **φιλοξενούνται μη παθογόνοι μικροοργανισμοί** που ανταγωνίζονται τους παθογόνους και εμποδίζουν την εγκατάστασή τους σ' αυτήν.

**Οι βλεννογόνοι** του σώματος, οι οποίοι καλύπτουν κοιλότητες του οργανισμού, αποτελούν έναν άλλο αποτελεσματικό φραγμό. Με τη βλέννα που εκκρίνουν **παγιδεύουν** τους μικροοργανισμούς και δεν επιτρέπουν την είσοδό τους στον οργανισμό.

**Ο βλεννογόνος της αναπνευστικής οδού διαθέτει επιπλέον το βλεφαριδοφόρο επιθήλιο**, το οποίο αποτελεί επίσης φραγμό στην είσοδο των μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί παγιδεύονται στη βλέννα και με τη βοήθεια των βλεφαρίδων του επιθηλίου απομακρύνονται από την αναπνευστική οδό.

Στο βλεννογόνο του **στομάχου εκκρίνεται το υδροχλωρικό οξύ**, το οποίο καταστρέφει τα περισσότερα μικρόβια που εισέρχονται με την τροφή στο στόμαχο.

Η **λυσοζύμη**, η οποία, όπως αναφέρθηκε, έχει βακτηριοκτόνο δράση, βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες **και στα δάκρυα και στο σάλιο** και προστατεύει το βλεννογόνο του επιπεφυκότα και της στοματικής κοιλότητας αντίστοιχα.

## 5

### **Φαγοκυττάρωση**

Τα **φαγοκύτταρα αποτελούν μια κατηγορία λευκών αιμοσφαιρίων** και διακρίνονται στα **ουδετερόφιλα και στα μονοκύτταρα**. Τα τελευταία, αφού διαφοροποιηθούν σε **μακροφάγα**, εγκαθίστανται στους ιστούς.

Τα φαγοκύτταρα ενεργοποιούνται μετά την εμφάνιση ενός παθογόνου μικροοργανισμού στο εσωτερικό του οργανισμού μας.

Ειδικά τα μακροφάγα **εγκλωβίζουν** το μικροοργανισμό, τον **καταστρέφουν** και **εκθέτουν** στην επιφάνειά τους κάποια τμήματά του. Αυτό εξυπηρετεί τη δράση των **ειδικών μηχανισμών άμυνας (στάδιο 1 ανοσοβιολογικής)**. Με φαγοκυττάρωση αντιμετωπίζονται και ιοί.

Η **φλεγμονώδης αντίδραση, ή απλά φλεγμονή**, εκδηλώνεται με ένα σύνολο συμπτωμάτων στα οποία **περιλαμβάνονται το κοκκίνισμα στην περιοχή του τραύματος, το οίδημα, ο πόνος και η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας**.

**Ο πόνος οφείλεται στον τραυματισμό των απολήξεων των νευρικών κυττάρων και στη δράση σ'αυτά τοξινών που απελευθερώνονται από τους μικροοργανισμούς.**

**Τα αιμοφόρα αγγεία της περιοχής διαστέλλονται**, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται περισσότερο αίμα και να προκαλείται **κοκκίνισμα**.

Το αίμα στην περιοχή του τραύματος θα πήξει σύντομα με τη δημιουργία ενός πλέγματος πρωτεϊνικής σύστασης, το οποίο ονομάζεται **ινώδες**. Ο σχηματισμός του ινώδους σταματά την αιμορραγία και εμποδίζει την είσοδο άλλων μικροοργανισμών.



Λόγω της διαστολής των αγγείων το **πλάσμα** του αίματος διαχέεται στους γύρω ιστούς, προκαλώντας τοπικό **οίδημα** (πρήξιμο).

Το **πλάσμα** περιέχει **αντιμικροβιακές ουσίες**, οι οποίες **καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς ή ενεργοποιούν τη διαδικασία της φαγοκυττάρωσης**.

**Επιπλέον χημικές ουσίες**, που **απελευθερώνονται** είτε από τα **τραυματισμένα κύτταρα** είτε από τους **μικροοργανισμούς**, **προσελκύουν φαγοκύτταρα**, τα οποία **φτάνουν με την κυκλοφορία του αίματος στο σημείο της φλεγμονής όπου δρουν καταστρέφοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς**.

Νεκρά φαγοκύτταρα και νεκροί μικροοργανισμοί **σχηματίζουν ένα παχύρρευστο κιτρινωπό υγρό, το πύον**.

**Πυρετός** : Η μη φυσιολογική υψηλή θερμοκρασία του σώματος, που ονομάζεται πυρετός, **α) εμποδίζει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων. β) Παράλληλα βέβαια παρεμποδίζεται και η λειτουργία των ενζύμων των κυττάρων (τα οποία χρησιμοποιεί ο ιός), η οποία, σε περιπτώσεις ιώσεων, έχει ως αποτέλεσμα την αναστολή του πολλαπλασιασμού των ιών. γ) Επιπλέον ο πυρετός ενισχύει τη δράση των φαγοκυττάρων**.

**Ουσίες του αίματος με αντιμικροβιακή δράση**: Ιντερφερόνες, Συμπλήρωμα, Προπερδίνη, Αντισώματα.

#### **Ιντερφερόνες**

Όταν κάποιος **ιός** μολύνει ένα κύτταρο, προκαλεί την παραγωγή ειδικών πρωτεϊνών, των **ιντερφερονών**. Σε ένα **πρώτο στάδιο** οι **ιντερφερόνες** ανιχνεύονται στο **κυτταρόπλασμα** του μολυσμένου κυττάρου. Σε επόμενο όμως στάδιο οι **ιντερφερόνες** **απελευθερώνονται στο μεσοκυττάριο υγρό** και από εκεί **συνδέονται με υποδοχείς** των γειτονικών υγιών κυττάρων. Με την σύνδεση των **ιντερφερονών** στα υγιή κύτταρα **ενεργοποιείται η παραγωγή άλλων πρωτεϊνών**, οι οποίες έχουν την ικανότητα να **παρεμποδίζουν τον πολλαπλασιασμό των ιών**. Έτσι τα υγιή κύτταρα **προστατεύονται**, γιατί ο ιός, ακόμη και αν κατορθώσει να διεισδύσει σ' αυτά, είναι **ανίκανος να πολλαπλασιαστεί**.

**Συμπλήρωμα**: πρόκειται για ομάδα είκοσι πρωτεϊνών στον ορό του αίματος με **αντιμικροβιακή δράση**.

**Προπερδίνη**: είναι μια ομάδα τριών πρωτεϊνών στον ορό του αίματος που **δρα σε συνδυασμό με τις πρωτεΐνες του συμπληρώματος για την καταστροφή των μικροβίων**.

Η ικανότητα του ανθρώπινου οργανισμού να **αναγνωρίζει** οποιαδήποτε ξένη προς αυτόν ουσία και να **αντιδρά** παράγοντας εξειδικευμένα κύτταρα και κυτταρικά προϊόντα (π.χ. αντισώματα), ώστε να την εξουδετερώσει, ονομάζεται **ανοσία**.

Η ξένη ουσία που προκαλεί την ανοσοβιολογική απόκριση ονομάζεται **αντιγόνο**. **Ως αντιγόνο μπορεί να δράσει ένας ολόκληρος μικροοργανισμός (π.χ. ιός, βακτήριο κ.ά.), ένα τμήμα αυτού ή τοξικές ουσίες που παράγονται απ' αυτόν. Επίσης ως αντιγόνα μπορούν να δράσουν η γύρη, διάφορες φαρμακευτικές ουσίες, συστατικά τροφών, κύτταρα ή ορός από άλλα άτομα ή ζώα κ.ά.**

#### **Χαρακτηριστικά της ειδικής άμυνας**

Οι μηχανισμοί ειδικής άμυνας διαθέτουν δύο χαρακτηριστικά που τους κάνουν να ξεχωρίζουν από τους μηχανισμούς μη ειδικής άμυνας. Αυτά είναι: α. **η εξειδίκευση**, που σημαίνει ότι τα προϊόντα της ανοσοβιολογικής απόκρισης θα δράσουν μόνο εναντίον της ουσίας που προκάλεσε την παραγωγή τους, και β. **η μνήμη**, που είναι η ικανότητα του οργανισμού να «θυμάται» τα αντιγόνα με τα οποία έχει έλθει σε επαφή, έτσι ώστε μετά από μια πιθανή δεύτερη έκθεσή του σ' αυτά να αντιδρά γρηγορότερα.

Το ανοσοβιολογικό σύστημα αποτελείται από τα πρωτογενή λεμφικά όργανα, που είναι ο μυελός των οστών και ο θύμος αδένας, και από τα δευτερογενή λεμφικά όργανα, που είναι οι λεμφαδένες, ο σπλήνας, οι αμυγδαλές και ο λεμφικός ιστός κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα.

#### **Στα δευτερογενή πραγματοποιείται η ανοσολογική απόκριση.**

Τα κύτταρα που απαρτίζουν το ανοσοβιολογικό σύστημα είναι κυρίως τα **λεμφοκύτταρα**, τα οποία ανήκουν στα λευκά αιμοσφαίρια.

Τα λεμφοκύτταρα είναι κύτταρα μικρά, σφαιρικά, με πυρήνα. Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα **T-λεμφοκύτταρα** και τα **B-λεμφοκύτταρα**.

**Τα T-λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στο θύμο αδένα** και είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της ανοσοβιολογικής απόκρισης.

Διακρίνονται σε:

**Βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα**, τα οποία ενεργοποιούνται από το εκτεθειμένο στην επιφάνεια των μακροφάγων τμήμα του αντιγόνου και στη συνέχεια ενεργοποιούν τα B-λεμφοκύτταρα ή άλλα είδη T-λεμφοκυττάρων μέσω ουσιών που εκκρίνουν.

**Κυτταροτοξικά T-λεμφοκύτταρα**, τα οποία ενεργοποιούνται από τα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα και καταστρέφουν καρκινικά κύτταρα ή κύτταρα που έχουν προσβληθεί από ιό, και από μόσχευμα.

**T-λεμφοκύτταρα μνήμης (2)** , τα οποία παράγονται μετά την έκθεση του οργανισμού σε ένα αντιγόνο και έχουν την ικανότητα να ενεργοποιούνται αμέσως μετά από επόμενη έκθεση του οργανισμού σ' αυτό.

**Κατασταλτικά T-λεμφοκύτταρα**, τα οποία σταματούν την ανοσοβιολογική απόκριση μετά την επιτυχή αντιμετώπιση του αντιγόνου.

**Τα B-λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται και ωριμάζουν στο μυελό των οστών.**

Συνθέτουν και παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους ειδικές πρωτεΐνες που ονομάζονται ανοσοσφαιρίνες ή **αντισώματα**. Κάθε B-λεμφοκύτταρο διαθέτει υποδοχείς -αντισώματα που αναγνωρίζουν ένα συγκεκριμένο αντιγόνο. Οι ειδικές αυτές πρωτεΐνες αναγνωρίζουν το συγκεκριμένο αντιγόνο που έχει εισέλθει στον οργανισμό και συνδέονται μ' αυτό. Εξαιτίας της σύνδεσης αυτής το B-λεμφοκύτταρο υφίσταται διαδοχικές διαιρέσεις, από τις οποίες παράγονται οι εξής κατηγορίες κυττάρων:

**Τα πλασματοκύτταρα**, που παράγουν και εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων, ίδιων μ' αυτά που υπήρχαν στην επιφάνεια του B-λεμφοκυττάρου από το οποίο προήλθαν.

**Τα B-λεμφοκύτταρα μνήμης**, που ενεργοποιούνται αμέσως μετά από επόμενη έκθεση του οργανισμού στο ίδιο αντιγόνο.

Τα **αντισώματα ή ανοσοσφαιρίνες είναι ειδικά πρωτεϊνικά μόρια** που παράγονται από τα B-λεμφοκύτταρα. Κάθε αντίσωμα συνδέεται εκλεκτικά με το συγκεκριμένο αντιγόνο που προκάλεσε την παραγωγή του. **Η σύνδεση αντιγόνου -αντισώματος έχει ως αποτέλεσμα: την ενεργοποίηση του συμπληρώματος, την αδρανοποίηση των παραγόμενων τοξινών, την αναγνώριση του μικροοργανισμού από τα μακροφάγα με σκοπό την ολοκληρωτική του καταστροφή.**

Το μόριο του αντισώματος αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, δύο μεγάλες και δύο μικρές. Οι μεγάλες πολυπεπτιδικές αλυσίδες ονομάζονται βαριές και οι μικρές ελαφριές. Οι αλυσίδες αυτές συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς και σχηματίζουν μια δομή που μοιάζει με σφεντόνα ή με το γράμμα Y. Η περιοχή του μορίου του αντισώματος που συνδέεται με το αντιγόνο ονομάζεται μεταβλητή περιοχή. **Η μεταβλητή περιοχή, ανάλογα με το σχήμα της, που οφείλεται στην αλληλουχία των αμινοξέων της, καθιστά ικανό το αντίσωμα να συνδέεται με ένα συγκεκριμένο αντιγόνο.** Αντίθετα, το υπόλοιπο τμήμα του είναι ίδιο σε όλα τα αντισώματα και αποτελεί τη σταθερή περιοχή του αντισώματος.

**Ανοσοβιολογική απόκριση:** η αντίδραση του ανοσοβιολογικού μας συστήματος στην είσοδο κάθε αντιγόνου.

Η **πρωτογενής** ανοσοβιολογική απόκριση ενεργοποιείται κατά την **πρώτη επαφή** του οργανισμού με ένα αντιγόνο. Αποτελεί την αλληλουχία των γεγονότων μετά την πρώτη είσοδο ενός αντιγόνου στον οργανισμό.

Η **δευτερογενής** ανοσοβιολογική απόκριση ενεργοποιείται κατά την επαφή του οργανισμού με το ίδιο αντιγόνο για **δεύτερη (ή επόμενη)** φορά. Στην περίπτωση αυτή ενεργοποιούνται τα **κύτταρα μνήμης**, ξεκινά **αμέσως** η έκκριση αντισωμάτων και έτσι δεν προλαβαίνουν να εμφανιστούν τα συμπτώματα της ασθένειας. Το άτομο δεν ασθενεί και πιθανότατα δεν αντιλαμβάνεται ότι μολύνθηκε.

### **Στάδιο 1<sup>ο</sup> Ενεργοποίηση των βοηθητικών Τ-λεμφοκυττάρων:**

Αρχικά, με την εμφάνιση του παθογόνου μικροοργανισμού, ενεργοποιούνται τα **μακροφάγα**. Τα κύτταρα αυτά, εκτός από τη δυνατότητα που έχουν να καταστρέφουν το μικρόβιο, έχουν και την ικανότητα να εκθέτουν στην επιφάνειά τους τμήματα του μικροβίου που έχουν εγκλωβίσει και καταστρέψει, λειτουργώντας έτσι ως **αντιγονοπαρουσιαστικά** κύτταρα. Το τμήμα του μικροβίου που εκτίθεται συνδέεται με μια πρωτεΐνη της επιφάνειας των μακροφάγων, χαρακτηριστική για κάθε άτομο, οποία ονομάζεται **αντιγόνο ιστοσυμβατότητας**. Τα κύτταρα που ενεργοποιούνται πρώτα μετά την παρουσίαση του αντιγόνου είναι τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα.

### **Στάδιο 2<sup>ο</sup>: α. Ενεργοποίηση των Β-λεμφοκυττάρων (χυμική ανοσία).**

Σ' αυτό το στάδιο τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα, τα οποία έχουν ενεργοποιηθεί από τα αντιγόνα που βρίσκονται εκτεθειμένα στην επιφάνεια των μακροφάγων, **εκκρίνουν ουσίες** που ενεργοποιούν τα **Β-λεμφοκύτταρα (και σύνδεση τους με το αντιγόνο)**, προκειμένου αυτά να **πολλαπλασιαστούν και τελικά να διαφοροποιηθούν σε πλασματοκύτταρα και Β-λεμφοκύτταρα μνήμης**. Τα πλασματοκύτταρα στη συνέχεια εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων ειδικών για το συγκεκριμένο αντιγόνο, **ίδιων μ' αυτά που υπήρχαν στην επιφάνεια του Β-λεμφοκυττάρου από το οποίο προήλθαν**. Τα Β-λεμφοκύτταρα μνήμης θα ενεργοποιηθούν στην περίπτωση που ο οργανισμός θα εκτεθεί και πάλι στο ίδιο αντιγόνο. Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται **χυμική ανοσία**, γιατί τα **αντισώματα απελευθερώνονται μέσα στο αίμα και στη λέμφο**, αντιδρούν με το αντιγόνο και το εξουδετερώνουν.

### **β. Ενεργοποίηση κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων (κυτταρική ανοσία).**

Παράλληλα με την ενεργοποίηση των B-λεμφοκυττάρων, τα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα, στην περίπτωση κατά την οποία το αντιγόνο είναι ένα **κύτταρο (καρκινικό κύτταρο, κύτταρο μεταμοσχευμένου ιστού ή κύτταρο μολυσμένο από ιό)**, βοηθούν τον πολλαπλασιασμό και την ενεργοποίηση μιας άλλης ειδικής κατηγορίας T-λεμφοκυττάρων, των **κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων**, τα οποία θα καταστρέψουν τα κύτταρα -στόχους. Η δράση των βοηθητικών αλλά και των κυτταροτοξικών T-λεμφοκυττάρων αποτελεί την **κυτταρική ανοσία**. Και στις δύο κατηγορίες T-λεμφοκυττάρων σχηματίζονται T-λεμφοκύτταρα μνήμης, που θα ενεργοποιηθούν σε πιθανή επόμενη επαφή του οργανισμού με το ίδιο αντιγόνο.

### **Στάδιο 3<sup>ο</sup> Τερματισμός της ανοσοβιολογικής απόκρισης:**

Τελικά, τόσο με τη βοήθεια μιας ειδικής κατηγορίας T-λεμφοκυττάρων, που ονομάζονται **κατασταλτικά T-λεμφοκύτταρα**, όσο και με τη βοήθεια των προϊόντων της ίδιας της ανοσοβιολογικής απόκρισης, αυτή ολοκληρώνεται και σταματά την κατάλληλη στιγμή.

## **8**

Η ανοσία, η ικανότητα δηλαδή του οργανισμού να παράγει κύτταρα και κυτταρικά προϊόντα (αντισώματα) που να είναι αποτελεσματικά στην εξουδετέρωση οποιουδήποτε αντιγόνου, διακρίνεται σε ενεργητική και παθητική.

**Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση το αν τα αντισώματα παράγονται από τον ίδιο τον οργανισμό (ενεργητική ανοσία) ή αν παρέχονται στον οργανισμό έτοιμα αντισώματα που έχουν παραχθεί από άλλο οργανισμό (παθητική ανοσία).**

Στην **ενεργητική ανοσία** ο οργανισμός μπορεί να ενεργοποιηθεί με δύο τρόπους:

**Να έλθει σε επαφή με ένα αντιγόνο που βρίσκεται στο περιβάλλον (φυσικός τρόπος).**

**Να δεχτεί μια ποσότητα εμβολίου το οποίο περιέχει νεκρούς ή εξασθενημένους μικροοργανισμούς ή τμήματά τους (τεχνητός τρόπος).** Το εμβόλιο, όπως θα έκανε και ο ίδιος ο μικροοργανισμός, ενεργοποιεί τον ανοσοβιολογικό μηχανισμό, για να παραγάγει αντισώματα και κύτταρα μνήμης. Το άτομο που εμβολιάζεται δεν εμφανίζει συνήθως τα συμπτώματα της ασθένειας και φυσικά δεν τη μεταδίδει.

**Στην παθητική ανοσία χορηγούνται στον οργανισμό έτοιμα αντισώματα που έχουν παραχθεί από άλλο οργανισμό.**

Παθητική ανοσία μπορεί να επιτευχθεί φυσιολογικά με τη μεταφορά αντισωμάτων από τη μητέρα στο έμβryo **διαμέσου του πλακούντα και με τη μεταφορά αντισωμάτων από τη μητέρα στο νεογνό διαμέσου του μητρικού γάλακτος.**

Σε ένα ενήλικο άτομο παθητική ανοσία μπορεί να επιτευχθεί τεχνητά με τη χορήγηση **ορού** που περιέχει έτοιμα αντισώματα τα οποία έχουν παραχθεί σε κάποιο άλλο άτομο ή ζώο. **Η δράση της παθητικής ανοσίας είναι άμεση αλλά η διάρκειά της είναι παροδική.**

## 9

### AIDS

Μία από τις σοβαρότερες ασθένειες, η οποία εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και ανιχνεύτηκε για πρώτη φορά το 1981, είναι το Σύνδρομο της Επίκτητης Ανοσοβιολογικής Ανεπάρκειας (Acquired Immune Deficiency Syndrome: AIDS), που οφείλεται στον ιό HIV (Human Immunodeficiency Virus). Το AIDS είναι μία από τις σοβαρότερες ασθένειες της εποχής μας. Σύμφωνα με τις γνώμες των ειδικών, **ο ιός του AIDS προήλθε από συνεχείς μεταλλάξεις ενός ιού που προσβάλλει τον αφρικανικό πίθηκο και είναι άγνωστο πώς μεταδόθηκε στον άνθρωπο.** Η εξάπλωση της ασθένειας σε όλες τις χώρες του κόσμου έχει πάρει εκρηκτικές διαστάσεις και αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους για την παγκόσμια υγεία.

### Η δομή του HIV.

Ο HIV ανήκει στους **ρετροϊούς, είναι δηλαδή ιός RNA.** Διαθέτει, εκτός από το γενετικό του **υλικό (RNA), και το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφάση, με το οποίο μπορεί να γίνει σύνθεση DNA με μήτρα το RNA του ιού.** Το γενετικό υλικό του ιού, καθώς και τα διάφορα ένζυμα που διαθέτει, είναι κλεισμένα σε ένα **πρωτεϊνικό καψίδιο, το οποίο περιβάλλεται από ένα λιποπρωτεϊνικής φύσης έλυτρο.**

Ο ιός **προσβάλλει κυρίως τα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα, καθώς και άλλα είδη κυττάρων, όπως είναι τα κυτταροτοξικά T-λεμφοκύτταρα και τα νευρικά κύτταρα.**

**Ο ιός εισβάλλει στα κύτταρα αυτά, αφού προσδεθεί στους ειδικούς υποδοχείς που υπάρχουν στην επιφάνειά τους.**

### Τρόποι μετάδοσης του HIV.

Στον οργανισμό του ανθρώπου ο ιός ανιχνεύεται κυρίως στο αίμα, στο σπέρμα, στις κολπικές εκκρίσεις, στο σάλιο, στα δάκρυα, στον ιδρώτα, στο μητρικό γάλα, στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό κ.α.

Στα τρία πρώτα, δηλαδή στο **αίμα, στο σπέρμα και στις κολπικές εκκρίσεις, βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.** Αυτό προδιαγράφει και τον τρόπο μετάδοσης του ιού.

Ο ιός **μπορεί να μεταδοθεί** με τη μετάγγιση αίματος ή με τη χρήση της ίδιας σύριγγας (κυρίως από τοξικομανείς). Μπορεί επίσης να μεταδοθεί και κατά τη σεξουαλική επαφή ενός φορέα και ενός υγιούς ατόμου. Δεν αποκλείεται μετάδοση του ιού και κατά τον τοκετό, από τη μητέρα -φορέα προς το νεογνό. Αντίθετα, δεν έχει αποδειχθεί μετάδοση του ιού μέσω των εντόμων, με το σάλιο, με τη χειραψία, με τους ασπασμούς κατά τις κοινωνικές εκδηλώσεις, με την κοινή χρήση σκευών φαγητού.

#### **Πως μπορεί να περιορισθεί η εξάπλωση του AIDS;**

Ο έλεγχος του αίματος που προορίζεται για μεταγγίσεις. Η χρησιμοποίηση συριγγών μιας χρήσης και μόνο μία φορά από ένα άτομο. Η πλήρης αποστείρωση των χειρουργικών και των οδοντιατρικών εργαλείων. Η χρήση προφυλακτικού κατά τη σεξουαλική επαφή.

Η **διάγνωση** της νόσου γίνεται είτε με την **ανίχνευση του RNA** του ιού είτε με την ανίχνευση των **ειδικών για τον ιό αντισωμάτων** στο αίμα του ασθενούς. Αυτό είναι δυνατό να γίνει μετά την παρέλευση 6 εβδομάδων έως 6 μηνών από την εισβολή του ιού στον οργανισμό. Δυστυχώς όμως η ύπαρξη ειδικών αντισωμάτων ή ειδικών κυτταροτοξικών Τ-λεμφοκυττάρων στον οργανισμό του ατόμου δε σημαίνει αυτόματα και ανοσία. Ο ιός συνυπάρχει στο μολυσμένο άτομο με τα αντισώματα που έχουν παραχθεί γι' αυτόν.

#### **Πως αρχίζει η μόλυνση από τον HIV και πως εξελίσσεται μέχρι να προκαλέσει το θάνατο;**

Όταν ο ιός HIV εισέλθει στον οργανισμό του ανθρώπου, αρχίζει ένας «αγώνας» μεταξύ αυτού και του ανοσοβιολογικού συστήματος. Με την είσοδό του στον οργανισμό ο ιός HIV συνδέεται με τους **ειδικούς υποδοχείς που βρίσκονται στην πλασματική μεμβράνη των βοηθητικών Τ-λεμφοκυττάρων και μολύνει περιορισμένο αριθμό από αυτά τα κύτταρα.**

Κατ' αυτό τον τρόπο το γενετικό υλικό του ιού εισέρχεται στα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα. Εκεί πολλαπλασιάζεται χρησιμοποιώντας το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφάση και αξιοποιώντας τους μηχανισμούς του κυττάρου.

Αρχικά **από το RNA του ιού συντίθεται μονόκλωνο DNA**, το οποίο στη συνέχεια **μετατρέπεται σε δίκλωνο DNA.**

Συνήθως **το δίκλωνο DNA του ιού συνδέεται με το DNA του κυττάρου -ξενιστή και παραμένει ανενεργό (σε λανθάνουσα κατάσταση).** Κατά την περίοδο αυτή το άτομο **θεωρείται φορέας του ιού.**

Υπάρχει όμως η πιθανότητα να ενεργοποιηθεί ο ιός και να αρχίσει να πολλαπλασιάζεται. Οι καινούριοι ιοί που προκύπτουν μολύνουν άλλα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα.

Από τη στιγμή της μόλυνσης του οργανισμού από τον ιό μέχρι τη διάγνωση της νόσου (με την ανίχνευση του ιού στο αίμα) απαιτείται αρκετό χρονικό διάστημα, που μπορεί να έχει διάρκεια από 6 εβδομάδες έως 6

μήνες. Στο διάστημα αυτό το άτομο εμφανίζει λοιμώξεις, οι οποίες γρήγορα παρέρχονται και δεν οδηγούν στην υποψία για την ύπαρξη της συγκεκριμένης νόσου. Το άτομο όμως μπορεί να μεταδίδει τον ιό χωρίς να το γνωρίζει.

Μετά από αρκετά χρόνια (συνήθως 7 έως 10), διάστημα κατά το οποίο το ανοσοβιολογικό σύστημα ενεργοποιείται από πολλά αντιγόνα, εκδηλώνεται η τυπική συμπτωματολογία της ασθένειας (**υψηλός πυρετός, έντονες λοιμώξεις, διάρροιες**).

Κατά το χρονικό αυτό διάστημα ο ιός μολύνει και καταστρέφει όλο και περισσότερα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα, με αποτέλεσμα να εξασθενεί η λειτουργία του ανοσοβιολογικού συστήματος. Με την πάροδο του χρόνου τα συμπτώματα αυτά γίνονται εντονότερα και το άτομο οδηγείται τελικά στο θάνατο. Τα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα, εκκρίνουν ουσίες που ενεργοποιούν τα B-λεμφοκύτταρα, προκειμένου αυτά να πολλαπλασιαστούν και τελικά να διαφοροποιηθούν σε πλασματοκύτταρα που θα παράγουν αντισώματα και B-λεμφοκύτταρα μνήμης. Στην περίπτωση που τα T βοηθητικά έχουν μολυνθεί από τον HIV δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά και να ενεργοποιήσουν την παραγωγή αντισωμάτων. Επομένως ο οργανισμός δεν αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τα διάφορα αντιγόνα που θα εισέλθουν σε αυτόν. Επίσης τα βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα ενεργοποιούν τα κυτταροτοξικά T-λεμφοκύτταρα που έχουν ως στόχο τους ξένα κύτταρα, κύτταρα που έχουν προσβληθεί από ιό και καρκινικά κύτταρα. Καταρρέει δηλαδή το ανοσοβιολογικό σύστημα του μολυσμένου ανθρώπου και δεν μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά διάφορες μολύνσεις ή την εμφάνιση καρκινικών κυττάρων.

Η ικανότητα του ιού να **μεταλλάσσεται με ταχύτατους** ρυθμούς καθιστά αδύνατη την αντιμετώπισή του από το ανοσοβιολογικό σύστημα και δυσκολεύει τη θεραπεία της νόσου. Η επιτυχία μιας θεραπευτικής προσπάθειας εξαρτάται από την έγκαιρη διάγνωση της νόσου. Υπάρχουν φάρμακα, όπως **το AZT και το DCC**, που καθυστερούν την ανάπτυξη του ιού και παρεμποδίζουν την αντίστροφη μεταγραφή. Τα φάρμακα αυτά ωστόσο έχουν σοβαρές παρενέργειες και θα πρέπει να χορηγούνται από ειδικούς γιατρούς και σε εξειδικευμένα ιατρικά κέντρα. Παράλληλα, η **φαρμακευτική αντιμετώπιση ευκαιριακών λοιμώξεων** από παθογόνους μικροοργανισμούς έχει επιμηκύνει αρκετά το χρόνο επιβίωσης των ασθενών με AIDS. Η παρασκευή εμβολίου βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, εξαιτίας προβλημάτων που οφείλονται στην **πολυμορφικότητα** που παρουσιάζει ο ιός με την ικανότητα που έχει να μεταλλάσσεται. Εκεί όμως που η επιστήμη δεν μπορεί να επέμβει καταλυτικά, προσφέροντας αποτελεσματικά φάρμακα, μπορεί να έχει σωτήρια αποτελέσματα η ενημέρωση. Τόσο η πολιτεία όσο και τα μέσα μαζικής επικοινωνίας, με συνεχή ενημέρωση, μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια που γίνεται για τον περιορισμό της μετάδοσης της νόσου.



**Οικολογία** είναι η επιστήμη που μελετά τις σχέσεις των οργανισμών — και φυσικά του ανθρώπου — με τους **αβιοτικούς παράγοντες** του περιβάλλοντός τους, δηλαδή το κλίμα (*υγρασία, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια*), τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τη σύσταση του εδάφους, την αλατότητα του νερού, οξυγόνο κ. ά.

τους **άλλους οργανισμούς** που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό είδος από αυτούς.

Η έννοια του οικοσυστήματος αποτελεί θεμελιώδη έννοια για την Οικολογία. Το **οικοσύστημα** είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους **βιοτικούς** παράγοντες μιας περιοχής, δηλαδή το σύνολο των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν, τους **αβιοτικούς** παράγοντες της περιοχής, καθώς και το **σύνολο των αλληλεπιδράσεων** που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

Οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος οι οποίοι ανήκουν στο **ίδιο είδος** αποτελούν έναν **πληθυσμό**.

Το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών που ζουν σε ένα οικοσύστημα, αλλά και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους αποτελούν τη **βιοκοινότητα** του οικοσυστήματος,

**Βιότοπος** είναι η περιοχή στην οποία ζει ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα.

Οι οργανισμοί που ζουν σε ένα οικοσύστημα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους, σε **παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές**.

Οι **παραγωγοί** είναι οι οργανισμοί που **φωτοσυνθέτουν**, έχουν δηλαδή την ικανότητα να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να την αξιοποιούν για την παραγωγή γλυκόζης και άλλων υδατανθράκων από απλά ανόργανα μόρια (διοξείδιο του άνθρακα και νερό).

Στους παραγωγούς, που χαρακτηρίζονται και ως **αυτότροφοι** οργανισμοί, διότι παράγουν οι ίδιοι τις χημικές ουσίες από τις οποίες εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους, ανήκουν οι **πολυκύτταροι φυτικοί οργανισμοί, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια**.

Όλοι οι άλλοι οργανισμοί των οικοσυστημάτων, οι οποίοι **δε φωτοσυνθέτουν**, χαρακτηρίζονται ως **ετερότροφοι**, γιατί παραλαμβάνουν με την τροφή τους τις χημικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους.

**Οι ετερότροφοι οργανισμοί διακρίνονται σε καταναλωτές και αποικοδομητές.**

Οι καταναλωτές, ανάλογα με «τον αριθμό των βημάτων» που τους χωρίζουν από τους παραγωγούς, διακρίνονται σε:

- καταναλωτές πρώτης τάξης, που είναι τα φυτοφάγα ζώα,
- καταναλωτές δεύτερης τάξης, που είναι τα σαρκοφάγα ζώα τα οποία τρέφονται με φυτοφάγα,
- καταναλωτές τρίτης τάξης, που είναι τα σαρκοφάγα τα οποία τρέφονται με άλλα σαρκοφάγα.

Οι **αποικοδομητές** (ορισμένα βακτήρια, μύκητες) παίζουν σπουδαίο ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος, καθώς **μετατρέπουν την οργανική ύλη σε ανόργανη**, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου από τους φυτικούς οργανισμούς. Σημαντικοί, γιατί η ύλη είναι περιορισμένη.

## 11

Η διατήρηση των οικοσυστημάτων, όπως και κάθε άλλης οργανωμένης δομής, απαιτεί συνεχή προσφορά ενέργειας. Τα οικοσυστήματα που υπάρχουν στον πλανήτη μας, στην πλειονότητά τους, εισάγουν την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της δομής τους με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα οικοσυστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως αυτότροφα και διακρίνονται από τα ετερότροφα, στα οποία η εισαγωγή ενέργειας γίνεται με τη μορφή χημικών ενώσεων. Ένα παράδειγμα ετερότροφου οικοσυστήματος είναι μια **πόλη**, η οποία εισάγει την ενέργεια που χρειάζεται για την επιβίωση των κατοίκων της με τη μορφή των τροφίμων που δεν έχουν παραχθεί σ' αυτήν αλλά σε άλλα αυτότροφα οικοσυστήματα.

### **Ποιες είναι οι απαραίτητες προϋποθέσεις για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων;**

Η διατήρηση των οικοσυστημάτων, όπως και κάθε άλλης οργανωμένης δομής, απαιτεί **συνεχή προσφορά ενέργειας**. Τα οικοσυστήματα που υπάρχουν στον πλανήτη μας, στην πλειονότητά τους, εισάγουν την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της δομής τους με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, μέσω της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης που πραγματοποιούν οι αυτότροφοι οργανισμοί-παραγωγοί του οικοσυστήματος.

Βέβαια όσο αναγκαία είναι η τροφοδότηση ενός οικοσυστήματος με ενέργεια άλλο τόσο αναγκαία είναι και η **διανομή** της στους οργανισμούς του, ώστε να καλύπτουν αυτοί τις ανάγκες τους. Η διανομή ενέργειας γίνεται μέσω των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών του οικοσυστήματος (ροή ενέργειας).

Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων είναι η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των οργανικών ουσιών από τους παραγωγούς. Η ποσότητα των στοιχείων αυτών στα οικοσυστήματα είναι πεπερασμένη και κατά συνέπεια είναι απαραίτητη η **ανακύκλωσή τους**, ώστε να είναι αυτά συνεχώς διαθέσιμα στους οργανισμούς ενός οικοσυστήματος.

Επειδή το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης, δηλαδή ένα σύνολο από αντικείμενα που δεν εξετάζονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο αλλά στην αλληλεπίδρασή τους, το μέγεθος και τα όριά του καθορίζονται κάθε φορά από τον ερευνητή που το μελετά.

**Βιόσφαιρα** είναι όλο το τμήμα του πλανήτη μας που συντηρεί ή μπορεί να συντηρήσει ζωή. Η βιόσφαιρα είναι το καλύτερα οριοθετημένο οικοσύστημα.

**Τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από την τάση να διατηρούν σε ισορροπία τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των διάφορων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων τους.** Η ισορροπία όμως αυτή των οικοσυστημάτων **δεν αντιπροσωπεύει μια στατική κατάσταση.** Αντίθετα, οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των παραγόντων ενός οικοσυστήματος **μεταβάλλονται συνεχώς και ποσοτικά και ποιοτικά.** Οι **μηχανισμοί όμως αυτορρύθμισης που διαθέτει κάθε οικοσύστημα το κάνουν ικανό να επαναφέρει την ισορροπία** στις σχέσεις μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, όποτε μια μεταβολή τείνει να τις απορρυθμίσει. Ένα λιβάδι, για παράδειγμα, μπορεί να φιλοξενήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό φυτοφάγων ζώων που είναι ανάλογος με την ποσότητα της διαθέσιμης τροφής (χορτάρι). Αν όμως για κάποιο λόγο, όπως για παράδειγμα εξαιτίας μιας περιορισμένης πυρκαγιάς, μειωθεί η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής, θα μειωθεί αναλογικά και ο πληθυσμός των φυτοφάγων ζώων για τα οποία μπορεί να εξασφαλιστεί τροφή από το οικοσύστημα.

**Ο όρος «ποικιλότητα» αναφέρεται στα διαφορετικά είδη οργανισμών που υπάρχουν σε ένα οικοσύστημα.** Η ποικιλότητα των οικοσυστημάτων, αν και φαινομενικά αντιβαίνει στην ισορροπία τους, καθώς θα ήταν αναμενόμενο οι πιο απλές δομές να είναι και πιο σταθερές, αντίθετα την ενισχύει.

**Πράγματι, όσο μεγαλύτερη ποικιλότητα έχει ένα οικοσύστημα, τόσο πιο ισορροπημένο είναι.** Αυτό συμβαίνει, γιατί τα οικοσυστήματα με μεγαλύτερη ποικιλότητα παρουσιάζουν και **μεγαλύτερη ποικιλία σχέσεων μεταξύ των βιοτικών παραγόντων** τους. Έτσι, όποτε μια μεταβολή διαταράσσει την ισορροπία τους, υπάρχουν **αρκετοί διαθέσιμοι μηχανισμοί αυτορρύθμισης** που την αποκαθιστούν.

Αν, για παράδειγμα, σε ένα οικοσύστημα είναι περιορισμένος ο αριθμός των διαφορετικών ειδών που ζουν σ' αυτό, περιορίζεται αναλογικά και το πλήθος των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Έτσι κάθε διαταραχή της ισορροπίας του οικοσυστήματος που θα προκαλούσε την εξαφάνιση ενός είδους θα απειλούσε άμεσα και την εξαφάνιση του είδους που εξαρτάται τροφικά από αυτό.

Αν αντίθετα υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργανισμών, οι εναλλακτικές λύσεις στη διατροφή τους είναι περισσότερες και επομένως η εξαφάνιση ή η μείωση του πληθυσμού ενός είδους δεν απειλεί άμεσα τα είδη που τρέφονται από αυτό. Για το λόγο αυτό τα φυσικά οικοσυστήματα (δάση, λίμνες κτλ.), που έχουν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τα τεχνητά (καλλιεργούμενοι αγροί, τεχνητές λίμνες κτλ.), είναι και περισσότερο

Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών είναι ποιοτικές (ποιος τρώει ποιον) και ποσοτικές (τι ποσότητα τρώει).

Η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος γίνεται με τις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα, ενώ η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις τροφικές πυραμίδες.

Τροφικές αλυσίδες. Περιγράφουν τις τροφικές σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ κάποιων οργανισμών. Γνωρίζουμε ότι τα φίδια τρώνε βατράχια, ότι τα βατράχια τρέφονται με πεταλούδες και ότι οι πεταλούδες πίνουν το νέκταρ των λουλουδιών. Για την απεικόνιση αυτής της τροφικής αλληλεξάρτησης μπορούμε να κατασκευάσουμε **μια αλυσίδα της οποίας τα βέλη θα δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου -καταναλωτή**. Τέτοιες σχέσεις μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος χαρακτηρίζονται ως τροφικές αλυσίδες.

Όμως επειδή στη φύση κάθε είδος οργανισμού δεν τρώει μόνο ένα είδος τροφής αλλά και το ίδιο δεν τρώγεται μόνο από ένα άλλο, για να περιγραφούν καλύτερα οι πολύπλοκες τροφικές σχέσεις χρησιμοποιείται ο όρος τροφικό πλέγμα, που περιγράφει καλύτερα τις τροφικές σχέσεις των οργανισμών ενός οικοσυστήματος και κατά συνέπεια την ροή ενέργειας μέσω της τροφής.

Αν θέλαμε να απεικονίσουμε **πιο ρεαλιστικά τις πολύπλοκες τροφικές σχέσεις** που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών στα οικοσυστήματα, θα καταφεύγαμε στη δημιουργία ενός δικτύου με το οποίο θα δηλώνονταν οι διαφορετικές πηγές από τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα.

### **Ποιες πληροφορίες μπορεί να μας δώσει η μελέτη ενός τροφικού πλέγματος;**

Η μελέτη ενός τροφικού πλέγματος μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για τις **ποιοτικές τροφικές σχέσεις** που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος, τον αριθμό των τροφικών αλυσίδων, τις εναλλακτικές πηγές τροφής, τη σταθερότητα της βιοκοινότητας, και ποιες επιπτώσεις θα έχει στους διάφορους οργανισμούς του οικοσυστήματος **η αύξηση ή η μείωση του πληθυσμού κάποιου οργανισμού;**

### **Γιατί είναι δύσκολη η κατάταξη ενός οργανισμού σε κάποιο τροφικό επίπεδο;**

Η κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα δεν είναι πάντοτε εύκολη, επειδή:

- Υπάρχουν οργανισμοί που είναι ταυτόχρονα φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι (π. χ. άνθρωπος).
- Υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή (π.χ. αλεπού).

•Οι διατροφικές προτιμήσεις κάποιων οργανισμών αλλάζουν ανάλογα με το στάδιο της ζωής τους. Για παράδειγμα, ο βάτραχος στο στάδιο του γυρίνου είναι φυτοφάγος, ενώ, όταν μεταμορφωθεί σε ώριμο βάτραχο, γίνεται εντομοφάγος.

Οι τροφικές πυραμίδες αποτελούν απεικονίσεις των **ποσοτικών** σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια), σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «**ίδιο αριθμό βημάτων**» από τον ήλιο. Πιο συγκεκριμένα:

- Το πρώτο τροφικό επίπεδο, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών.
- Το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης.
- Το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ. ο. κ.

Μια τροφική πυραμίδα, ανάλογα με το αν απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας ή τη μεταβολή της βιομάζας (δηλαδή της ξηρής μάζας των οργανισμών ανά μονάδα επιφάνειας ) ή τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος στο άλλο, χαρακτηρίζεται ως **πυραμίδα ενέργειας, βιομάζας ή πληθυσμού αντίστοιχα**. Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια), σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. **Το εμβαδόν που δίνεται σε κάθε ορθογώνιο είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής που απεικονίζεται στο συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο.**

Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Για το λόγο αυτό τόσο στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας όσο και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας παρατηρείται μία πτωτική τάση από τροφικό επίπεδο σε τροφικό επίπεδο. Ανάλογη τάση παρουσιάζουν και οι πυραμίδες πληθυσμού εδώ όμως παρατηρείται μια ενδιαφέρουσα εξαίρεση. Όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις, ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων. Μια τέτοια τροφική πυραμίδα χαρακτηρίζεται ως ανεστραμμένη. Αν, για παράδειγμα, μια βελανιδιά, που μπορεί να θεωρηθεί ως ένα οικοσύστημα, φιλοξενεί 1.000 κάμπιες, σε καθεμία από τις οποίες παρασιτούν 100 πρωτόζωα.

Γιατί μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο τροφικό επίπεδο; Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Αυτό οφείλεται στο ότι:

- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.
- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα, τα οποία αποικοδομούνται.

### 13

Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Επομένως η ωφέλιμη ενέργεια που φτάνει στα ανώτερα τροφικά επίπεδα είναι κατά πολύ λιγότερη από αυτή που αρχικά δεσμεύτηκε στη βιομάζα των παραγωγών με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Η ενέργεια δηλαδή στα οικοσυστήματα **ρέει μονόδρομα** και δεν ανακυκλώνεται. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η συνεχής τροφοδοσία των οικοσυστημάτων με ενέργεια από τον ήλιο.

Αντίθετα με την ενέργεια, η ύλη που υπάρχει διαθέσιμη στη βιόσφαιρα είναι περιορισμένη, καθώς ο πλανήτης δέχεται ελάχιστα ποσά ύλης από το Διάστημα (μετεωρίτες κτλ.). Για το λόγο αυτό τα χημικά στοιχεία (C, H, O, N, S, P κ. ά.) που είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των χημικών ενώσεων, από τις οποίες εξαρτώνται οι δομές και οι λειτουργίες των οργανισμών, πρέπει να κυκλοφορούν, ώστε να γίνονται εκ νέου διαθέσιμα.

**Ο άνθρακας** είναι το χημικό στοιχείο με βάση το οποίο δομούνται όλες οι οργανικές ενώσεις και συνεπώς όλα τα βιολογικά μακρομόρια. **Ο άνθρακας εισέρχεται στα οικοσυστήματα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα.** Το διοξείδιο του άνθρακα παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς προκειμένου να μετατραπεί, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε γλυκόζη.

Στη βάση της ανταλλαγής του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας και των βιοτικών παραγόντων των οικοσυστημάτων βρίσκεται η εναλλαγή δύο διαδικασιών: με τη φωτοσύνθεση προσλαμβάνεται το διοξείδιο του άνθρακα προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή γλυκόζης, ενώ με την κυτταρική αναπνοή οξειδώνεται η γλυκόζη και επιστρέφει το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

## **Να περιγράψετε τον κύκλο του άνθρακα στη φύση.**

Ο άνθρακας εισέρχεται στα οικοσυστήματα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς προκειμένου να μετατραπεί, με τη διαδικασία της **φωτοσύνθεσης**, σε γλυκόζη. Ένα μέρος της γλυκόζης, αλλά και άλλων ενώσεων που συντίθενται από τους **παραγωγούς**, χρησιμοποιείται κατά την **κυτταρική αναπνοή** προκειμένου να απελευθερωθεί ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών των παραγωγών. Επειδή όμως κατά την κυτταρική αναπνοή παράγεται και διοξείδιο του άνθρακα, το αέριο αυτό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να ολοκληρώνεται ένας κύκλος πρόσληψης και επαναφοράς από και προς την ατμόσφαιρα. Από το υπόλοιπο μέρος της οργανικής ύλης που έχει παραχθεί από τους παραγωγούς **ένα μέρος μεταβιβάζεται, ως τροφή, στους καταναλωτές, ενώ ένα άλλο καταλήγει ως νεκρή οργανική ύλη** (φύλλα, καρποί, κλαδιά κ. ά.) στο έδαφος και γίνεται τροφή για τους αποικοδομητές (βακτήρια και μύκητες) μαζί με τη νεκρή οργανική ύλη ζωικής προέλευσης (σώματα νεκρών οργανισμών, απεκκρίσεις, περιττώματα κ. ά.). **Και στην περίπτωση των καταναλωτών και στην περίπτωση των αποικοδομητών η οργανική ύλη οξειδώνεται**, με αποτέλεσμα αφ' ενός την απελευθέρωση ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφ' ετέρου την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.

## **Παρέμβαση στον κύκλο του άνθρακα**

Με τη Βιομηχανική Επανάσταση (αρχές του 19ου αιώνα) άρχισε η συστηματική χρήση ορυκτών καυσίμων (γαιανθράκων αρχικά, πετρελαίου και φυσικού αερίου στη συνέχεια). Αυτά τα καύσιμα, τα οποία προέρχονται από το μετασχηματισμό οργανικής ύλης φυτικών και ζωικών οργανισμών του παρελθόντος, παρέμεναν για εκατομμύρια χρόνια στα έγκατα της Γης, αποτελώντας μια μεγάλη αποθήκη άνθρακα που έμενε αχρησιμοποίητη. Στη συνέχεια όμως οι **αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες της βιομηχανίας και των μεταφορών** επέβαλαν την εντατική εξόρυξη του άνθρακα, η **καύση** του οποίου οδήγησε στην απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Βέβαια το διοξείδιο του άνθρακα δεσμεύεται από τους παραγωγούς και χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση. **Η καταστροφή ωστόσο των δασών**, είτε λόγω της υλοτόμησης, που γίνεται με σκοπό την εκμετάλλευση των προϊόντων της **ξυλείας**, είτε λόγω των **εκχερνώσεων, που αποσκοπούν στην εξεύρεση νέων χώρων κατοικίας και καλλιέργειας**, περιορίζει το συνολικό αριθμό των φωτοσυνθετικών οργανισμών του πλανήτη. Υπάρχει δηλαδή μια τάση για βαθμιαία αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, μια εξέλιξη που μπορεί να έχει δυσάρεστες συνέπειες για το κλίμα του πλανήτη (**Φαινόμενο θερμοκηπίου**).

**Το άζωτο** αποτελεί ένα σημαντικό χημικό στοιχείο για τη ζωή, καθώς είναι συστατικό πολλών βιομορίων όπως των **νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών**. Αν και το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, όπου αποτελεί το 78% κ. ο. , δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή (μοριακό άζωτο). Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της **αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς. Η αζωτοδέσμευση διακρίνεται σε ατμοσφαιρική και βιολογική.**

Κατά την **ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση** το **άζωτο της ατμόσφαιρας** αντιδρά είτε με τους **υδρατμούς, σχηματίζοντας αμμωνία, είτε με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα**. Η απαραίτητη ενέργεια προσφέρεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές, κεραυνοί). Η αμμωνία και τα νιτρικά ιόντα μεταφέρονται με τη βροχή στο έδαφος. Η ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση κατέχει το 10% της συνολικής αζωτοδέσμευσης.

Η **βιολογική αζωτοδέσμευση** πραγματοποιείται από **ελεύθερους ή συμβιωτικούς μικροοργανισμούς**. Σημαντικότερα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια είναι αυτά που ζουν συμβιωτικά στις ρίζες των ψυχανθών (όπως είναι το τριφύλλι, η μπιζελιά, η φασολιά, η φακή, η σόγια) σε ειδικά εξογκώματα (φυμάτια). Αυτά τα βακτήρια έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και να το μετατρέπουν σε νιτρικά ιόντα, τα οποία μπορούν να απορροφηθούν από τα ψυχανθή. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε τα όσπρια είναι πλούσια σε πρωτεΐνες. Η βιολογική αζωτοδέσμευση κατέχει το 90% της συνολικής αζωτοδέσμευσης. Τα φυτά χρησιμοποιούν τα νιτρικά ιόντα που προσλαμβάνουν από το έδαφος (είτε με τη διαδικασία της ατμοσφαιρικής είτε με αυτήν της βιολογικής αζωτοδέσμευσης) προκειμένου να συνθέσουν τις αζωτούχες ενώσεις τους όπως τις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα.

Τα φυτά χρησιμοποιούν τα νιτρικά ιόντα που προσλαμβάνουν από το έδαφος και τα οποία προέρχονται: Από τη διαδικασία της ατμοσφαιρικής είτε της βιολογικής αζωτοδέσμευσης. Από την αποικοδόμηση των οργανικών αζωτούχων ενώσεων της νεκρής οργανικής ύλης που αρχικά μετατρέπονται σε αμμωνία. Η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος, υφιστάμενη τη δράση των **νιτροποιητικών βακτηρίων** του εδάφους, μετατρέπεται τελικά σε νιτρικά ιόντα τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά. **Και από Λιπάσματα.**

Η ανάστροφη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης κατά την οποία τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται σταδιακά σε μοριακό άζωτο, που επιστρέφει πάλι πίσω στην ατμόσφαιρα. Την εργασία αυτή την αναλαμβάνουν τα απονιτροποιητικά βακτήρια του εδάφους με τη μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε μοριακό άζωτο, το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.



### **Με ποιες δραστηριότητες επηρεάζει ο άνθρωπος τον κύκλο του αζώτου;**

Ο άνθρωπος επηρεάζει τον κύκλο του αζώτου εισάγοντας αζωτούχα λιπάσματα στα αγροτικά οικοσυστήματα προκειμένου να αυξήσει την παραγωγικότητά τους. Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν για το σκοπό αυτό περιττώματα ζώων (κοπριά). Για παράδειγμα, στην Τήνο με τους υπέροχους περιστεριώνες χρησιμοποιούσαν τις κουτσουλές των περιστεριών ως κύριο λίπασμα, ενώ στη Χιλή χρησιμοποιούνταν ευρέως τα περιττώματα των ψαροφάγων πουλιών (γκουανό).

Μετά την ανακάλυψη της μεθόδου παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων από το ατμοσφαιρικό άζωτο, τα οργανικά φυσικά λιπάσματα αντικαταστάθηκαν από τα βιομηχανικά, που μάλιστα χρησιμοποιούνται σε τεράστιες ποσότητες. Ωστόσο λιγότερο από το ένα τρίτο της εκάστοτε προστιθέμενης στο έδαφος ποσότητας προσλαμβάνεται από τα καλλιεργούμενα φυτά. Το υπόλοιπο παρασύρεται από τη βροχή και καταλήγει στα γλυκά ή στα θαλασσινά νερά οδηγώντας στο φαινόμενο του ευτροφισμού. Τέλος τα αστικά λύματα που καταλήγουν μέσω των αγωγών αποχέτευσης στα υδάτινα οικοσυστήματα περιέχουν παραπροϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού (περιττώματα, σωματικές εκκρίσεις) και διάφορες ουσίες καθημερινής χρήσης όπως απορρυπαντικά, προϊόντα καθαρισμού κ. ά. Το υδάτινο οικοσύστημα, αφού δεχτεί τα αστικά λύματα, εμπλουτίζεται με τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα που αυτά περιέχουν και προκαλείται ευτροφισμός.

### **Τι είναι αμειψισπορά και τι η αγρανάπαυση;**

Οι δύο πιο οικολογικοί τρόποι εμπλουτισμού του εδάφους σε άζωτο είναι η αγρανάπαυση και η αμειψισπορά. Την ιδιότητα των ψυχανθών να φέρουν στις ρίζες τους αζωτοδεσμευτικά βακτήρια αξιοποιεί η παραδοσιακή γεωργική πρακτική της αμειψισποράς. Αμειψισπορά είναι η εναλλαγή στην καλλιέργεια σιτηρών και ψυχανθών, έτσι ώστε το έδαφος να εμπλουτίζεται με άζωτο και να μην εξασθενεί. Βιολογική αζωτοδέσμευση (**βιολογική αζωτοδέσμευση**).

15

### **Ποια η σημασία του νερού για τους οργανισμούς;**

Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Γης, οριοθετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και καθορίζει τις ιδιότητές τους. Είναι το **μέσο με το οποίο τα θρεπτικά συστατικά εισέρχονται και κυκλοφορούν στο εσωτερικό των αυτότροφων οργανισμών**. Το νερό αποτελεί σημαντικό τμήμα των ζωντανών ιστών (το 75% του νωπού βάρους τους) και συμβάλλει στη **θερμορύθμιση τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών οργανισμών**. Χρησιμοποιείται επίσης στη **φωτοσύνθεση των φυτικών οργανισμών**.

Αν και η ποσότητα του νερού που υπάρχει στην ατμόσφαιρα δεν είναι μεγάλη, εντούτοις το νερό, χάρη στην κινητικότητά του, κυκλοφορεί συνεχώς στον υδρολογικό κύκλο (ή κύκλο του νερού) και έτσι γίνεται διαθέσιμο στα οικοσυστήματα και στους οργανισμούς. Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην **εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις**.

**Τι είναι η επιδερμική εξάτμιση και τι διαπνοή;**

Η **εξάτμιση** του νερού από την επιφάνεια των φύλλων ονομάζεται επιδερμική εξάτμιση και διακρίνεται από τη **διαπνοή**, που είναι η απομάκρυνση του νερού μέσω των στομάτων, των πόρων δηλαδή της επιδερμίδας των φύλλων.

**Να περιγράψετε τον υδρολογικό κύκλο.**

Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις. Με τις κατακρημνίσεις (δηλαδή τη βροχή, το χιόνι, το χαλάζι) το νερό απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα και γίνεται διαθέσιμο στα υδάτινα και στα χερσαία οικοσυστήματα.

Η ανταλλαγή του νερού μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας αποτελεί ένα σχετικά απλό μηχανισμό, καθώς περιλαμβάνει μόνο τις διαδικασίες της εξάτμισης και των κατακρημνίσεων. Αντιθέτως, το τμήμα του κύκλου που αφορά την ξηρά είναι περισσότερο πολύπλοκο, διότι σ' αυτήν οι πιθανές πορείες του νερού είναι περισσότερες.

**Το νερό που πέφτει στην ξηρά μπορεί:**

- **Να εξατμιστεί.**
- **Να εισχωρήσει στο υπέδαφος και στο σύστημα των υπόγειων υδάτων.**
- **Να προσληφθεί από τα φυτά και να απομακρυνθεί με τη διαπνοή.**
- **Να απομακρυνθεί με την επιφανειακή απορροή από το χερσαίο περιβάλλον.**

**Ποια σχέση συνδέει τη διαπνοή με τους βιογεωχημικούς κύκλους των στοιχείων;**

**Διαπνοή ονομάζεται το φαινόμενο απομάκρυνσης νερού , με την μορφή υδρατμών από τα στόματα της επιδερμίδας των φύλλων.** Το νερό του εδάφους, που είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, απορροφάται από τις ρίζες των φυτών και κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους. Φθάνοντας το νερό στα φύλλα απομακρύνεται με τη διαπνοή από τα στόματά τους. Η απώλεια νερού μέσω της διαπνοής ενεργοποιεί τον μηχανισμό αντικατάστασής του με νέο από τις ρίζες του φυτού. Η διαπνοή δηλαδή επιτρέπει την ανανέωση του νερού μέσα στο φυτό, προκαλώντας την άντληση νέου νερού από το έδαφος το οποίο θα μεταφέρει και τα απαραίτητα για τη λειτουργία του φυτού θρεπτικά συστατικά. (και ανταλλαγή αερίων)

**Έτσι η διαπνοή έχει πρόσθετο, εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο του οικοσυστήματος, αφού συνδέεται άμεσα με τους βιογεωχημικούς κύκλους όλων εκείνων των στοιχείων, που εισέρχονται στις τροφικές αλυσίδες με πύλη εισόδου τις ρίζες των φυτών.**

**Σε τι οφείλεται η μεγάλη παραγωγικότητα των εκβολικών συστημάτων;**

Τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα απομακρύνουν και τα θρεπτικά συστατικά τα οποία με μακροχρόνιες διαδικασίες γίνονται διαθέσιμα στους οργανισμούς. Αυτά τα συστατικά θα καταλήξουν τελικά στους υδάτινους αποδέκτες. **Γι' αυτό το λόγο τα δέλτα των ποταμών εμφανίζουν πολύ υψηλή παραγωγικότητα.**

16

Φυσιολογικά, τα ερημικά οικοσυστήματα βρίσκονται εκεί όπου η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή. Οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από άγονα εδάφη, μικρή παραγωγικότητα και μικρή βιομάζα συναντώνται και σε περιοχές όπου τα χαρακτηριστικά του κλίματος θα επέτρεπαν πλούσια βλάστηση. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων παρεμβάσεων οι οποίες οδηγούν στην ερημοποίηση. Οι λόγοι για τους οποίους ένα οικοσύστημα μπορεί να ερημοποιηθεί είναι:

**η καταστροφή του από την όξινη βροχή, η αποψίλωση, όπως στην περίπτωση των τροπικών δασών, οι πυρκαγιές και η υπερβόσκηση στα μεσογειακά οικοσυστήματα.**

**Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από αλληλοδιαδοχή ενός υγρού και σχετικά ήπιου θερμοκρασιακά χειμώνα με ένα θερμό και ξερό καλοκαίρι που ευνοεί την εκδήλωση της φωτιάς λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, της μεγάλης ξηρασίας και της συσσώρευσης μη αποικοδομημένων ξερών φύλλων στο έδαφος.**

**Ποιες προσαρμογές έχουν αναπτύξει οι οργανισμοί των μεσογειακών οικοσυστημάτων ώστε να επιτυγχάνεται η αναγέννηση τους μετά τη φωτιά;**

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα μπορούν να επανακάμψουν σε λιγότερο από δέκα χρόνια, γιατί οι οργανισμοί τους έχουν προσαρμοστεί στην περιοδική εμφάνιση της φωτιάς αναπτύσσοντας συγκεκριμένους μηχανισμούς αναγέννησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο σχηματισμός νέων βλαστών και φύλλων από υπόγειους οφθαλμούς, η αυξημένη φύτευση σπερμάτων που διασκορπίστηκαν λόγω της φωτιάς κ. ά.

**Σε ποιες περιπτώσεις είναι δύσκολη η αναγέννηση των μεσογειακών οικοσυστημάτων;**

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα μπορούν να επανακάμψουν σε λιγότερο από δέκα χρόνια, γιατί οι οργανισμοί τους έχουν προσαρμοστεί στην περιοδική εμφάνιση της φωτιάς αναπτύσσοντας συγκεκριμένους μηχανισμούς αναγέννησης. **Δυστυχώς όμως οι μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να συμβάλουν στην επανάκαμψη ενός μεσογειακού οικοσυστήματος, όταν αυτό έχει καεί επανειλημμένα και όταν μετά τη φωτιά επιχειρούνται ανασταλτικές επεμβάσεις όπως η βόσκηση.**

### **Σε τι οφείλεται η ερημοποίηση των μεσογειακών οικοσυστημάτων;**

Μία από τις συνέπειες της φωτιάς (και της καταστροφής της βλάστησης από υπερβόσκηση) είναι ότι αυξάνεται η διάβρωση του εδάφους, αφού καταστρέφονται τα φυτά που θα το συγκρατούσαν με τις ρίζες τους. Όταν μάλιστα η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη και ακολουθήσουν καταρακτώδεις βροχές, τότε η διάβρωση του εδάφους γίνεται ακόμη μεγαλύτερη και τελικά οδηγεί σε βαθμιαία κατάρρευση των οικοσυστημάτων και ερημοποίηση.

### **Τι ονομάζουμε ρύπανση;**

**Ρύπανση είναι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με κάθε παράγοντα (ρύπο) που έχει βλαπτικές επιδράσεις στους οργανισμούς. Στους ρύπους ανήκουν συγκεκριμένες χημικές ουσίες και διάφορες μορφές ενέργειας όπως η θερμότητα, ο ήχος και οι ακτινοβολίες.**

**Στις περισσότερες περιπτώσεις κριτήριο για την απειλή που συνιστά ένας ρύπος για το περιβάλλον δεν είναι τόσο η ποιότητά του όσο ο ρυθμός με τον οποίο προστίθεται σε ένα οικοσύστημα.**

**Ποια σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση;**

Τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι:

**Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.**

**Το φωτοχημικό νέφος.**

**Η εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος.**

**Η όξινη βροχή.**

17

### **Ποια η σχέση CO<sub>2</sub> με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας;**

Η ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει στην επιφάνεια της Γης απορροφάται κατά ένα μέρος από αυτήν, ενώ κατά ένα άλλο μέρος εκπέμπεται πίσω στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Από το σύνολο της ακτινοβολίας αυτής ένα μέρος δεσμεύεται από το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδηγεί στην ήπια αύξηση της θερμοκρασίας της. (Σημειώνεται ότι, αν δε δεσμευόταν η υπέρυθρη ακτινοβολία, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν -20°C αντί για τη μέση θερμοκρασία των 15°C που είναι ευνοϊκή για τη ζωή). Το υπόλοιπο διαπερνά την ατμόσφαιρα και διαφεύγει στο διάστημα, με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η υπερθέρμανση του πλανήτη μας.

Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας οφείλεται στην **υπέρμετρη καύση ορυκτών καυσίμων** (που ελευθερώνει στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα) και **την ταυτόχρονη καταστροφή της βλάστησης** (που θα μπορούσε να δεσμεύσει ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης). Έτσι όμως αυξάνεται και το ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που δεσμεύεται από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της.

### **Ποιες θα είναι οι πιθανές συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου;**

Επειδή η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που προστίθεται στην ατμόσφαιρα αυξάνεται με ρυθμό 0,3% το χρόνο, πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι το 2040 η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μας θα έχει αυξηθεί κατά 5°C. Αν η πρόβλεψη αυτή επιβεβαιωθεί, τότε οι σοβαρές κλιματικές μεταβολές που θα προκύψουν θα έχουν δραματικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

**Η τήξη των πολικών πάγων θα οδηγήσει σε ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και επομένως στην απώλεια μεγάλων χερσαίων εκτάσεων οι οποίες θα καλυφθούν από το νερό. Είναι επίσης πιθανό πολλές γόνιμες περιοχές να μετατραπούν σε άγονες και αντίστροφα.**

**Οι πρωτογενείς ρύποι είναι ουσίες που παράγονται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης (αυτοκινήτων, αεροπλάνων, εργοστασίων), στις ουσίες αυτές συγκαταλέγονται τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και διάφοροι υδρογονάνθρακες.**

**Προϊόντα της αντίδρασής τους με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, κάτω από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι οι δευτερογενείς ρύπους, όπου ανήκουν το όζον και το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN).**

**Από τους πρωτογενείς ρύπους το μονοξείδιο του άνθρακα παρεμποδίζει, σε υψηλές συγκεντρώσεις, τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς, γιατί ανταγωνίζεται το οξυγόνο για την ειδική θέση σύνδεσης στο μόριο της αιμοσφαιρίνης.**

**Τα οξείδια του αζώτου προκαλούν καταστροφές στους ιστούς των πνευμόνων και εξασθενίζουν την αντίσταση του οργανισμού στην πνευμονία, ενώ η έκθεση, για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε χαμηλές συγκεντρώσεις τους είναι υπεύθυνη για την πρόκληση εμφυσήματος.**

**Μερικοί από τους υδρογονάνθρακες που περιέχονται στους ατμοσφαιρικούς ρύπους, όπως το βενζοπυρένιο, έχουν καρκινογόνο δράση.**

Από τους δευτερογενείς ρύπους το **όζον επηρεάζει τη λειτουργία του αναπνευστικού** συστήματος κατά παρόμοιο τρόπο με τα οξείδια του αζώτου, ενώ το **PAN ερεθίζει τα μάτια**. Οι ρύποι αυτοί, εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου, προκαλούν σημαντικές καταστροφές στα φυσικά οικοσυστήματα.

Αν και το όζον στα κατώτερα επίπεδα της ατμόσφαιρας αποτελεί ρύπο, στα ανώτερα επίπεδα της ατμόσφαιρας, σε ύψος 15 με 30 Km (κατώτερη στρατόσφαιρα), σχηματίζει μια στιβάδα που διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στη διατήρηση της ζωής, **καθώς απορροφά ένα σημαντικό μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία αυτή έχει θανατηφόρο δράση στους μονοκύτταρους οργανισμούς, προκαλεί μεταλλάξεις στο DNA, προκαλεί καταρράκτη και καρκίνο του δέρματος.**

**Σε τι οφείλεται η εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος;**

Από τη δεκαετία του 1970 παρατηρήθηκε μια βαθμιαία εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος που στα μέσα της δεκαετίας του 1980 οδήγησε στη δημιουργία μιας τρύπας πάνω από την Ανταρκτική. Από τις έρευνες οι οποίες επακολούθησαν διαπιστώθηκε ότι αιτία για την εξασθένηση αυτή είναι οι **χλωροφθοράνθρακες (εμπορική ονομασία freon)**, που χρησιμοποιούνται ως **ψυκτικά υγρά στα ψυγεία και στα κλιματιστικά και ως προωθητικά αέρια στα σπρέι**. Εξαιτίας της ελάττωσης του όζοντος στη στρατόσφαιρα, η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στη Γη γίνεται όλο και μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η πιθανότητα για τις δυσμενείς επιπτώσεις της στους οργανισμούς.

**Ποια μέτρα λαμβάνονται για την προστασία της στιβάδας του όζοντος;**

Από το 1994 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, προκειμένου να αναστραφεί η συνεχιζόμενη εξασθένηση της στιβάδας του όζοντος, αποφάσισε την **απαγόρευση της παραγωγής χλωροφθορανθράκων και την αντικατάστασή τους από υδροφθοράνθρακες που δεν περιέχουν το καταστρεπτικό για το Όζον χλώριο.**

**Η όξινη βροχή. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα**, οι διεργασίες **αποικοδόμησης** των οργανικών ουσιών από τα βακτήρια του εδάφους και κυρίως η **καύση υγρών καυσίμων** απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα διάφορα **οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του θείου**. Τα αέρια αυτά, αφού πρώτα μετατραπούν, με την επίδραση των **υδρατμών της ατμόσφαιρας, σε νιτρικό και θειώδες οξύ** αντίστοιχα, επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης διαλυμένα στο νερό της βροχής, στο χιόνι, στην ομίχλη ή στο χαλάζι.

Όταν οι συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών δεν είναι αυξημένες, το νιτρικό και το θειώδες οξύ που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό της βροχής την καθιστούν ελαφρά όξινη, καθώς έχει τιμή γύρω στο 5,6 pH.

Στις περιοχές όμως στις οποίες η ατμόσφαιρα έχει επιβαρυνθεί με μεγάλες συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών, είτε διότι γίνεται **εντατική καύση υγρών καυσίμων** είτε διότι οι ρύποι αυτοί έχουν **μεταφερθεί με τον άνεμο**, μεγαλώνει και η ποσότητα του νιτρικού και του θειώδους οξέος που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό της βροχής.

Έτσι όμως η βροχή γίνεται περισσότερο όξινη, καθώς η τιμή του pH της μπορεί να πέσει **αρκετά κάτω από το 5**. Εξαιτίας του φαινομένου της όξινης βροχής **καταστρέφεται το φύλλωμα** των δέντρων, **ελαττώνεται η γονιμότητα του εδάφους** και **θανατώνονται οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί των υδάτινων οικοσυστημάτων**. Το ίδιο όμως φαινόμενο προκαλεί **καταστροφές και στα ιστορικά αρχιτεκτονικά μνημεία και στα έργα τέχνης** που είναι κατασκευασμένα από μάρμαρο, γιατί τα οξέα που περιέχονται στη βροχή διαβρώνουν τις εξωτερικές επιφάνειές τους. Ερημοποίηση.

Το νερό, μετά τον αέρα, αποτελεί το πλέον αναντικατάστατο φυσικό αγαθό.

**Ωστόσο η ρύπανσή του, δηλαδή κάθε φυσική, χημική ή βιολογική μεταβολή που το καθιστά ακατάλληλο για τους οργανισμούς οι οποίοι ζουν σ' αυτό ή το χρησιμοποιούν**, παρακολουθεί την ιστορία του ανθρώπου από τότε που τα λύματα των πρώτων οικισμών του απελευθερώνονταν στα γειτονικά ποτάμια, τις λίμνες και τις θάλασσες. Πολύ αργότερα η συγκέντρωση των πληθυσμών στις ανεγειρόμενες πόλεις αύξησε την ποσότητα των οργανικών λυμάτων τα οποία παράγονταν από τους κατοίκους τους και προσέθεσε στους ήδη υπάρχοντες ρύπους τις τοξικές ουσίες και τα παραπροϊόντα των χημικών κατεργασιών όπως αυτά της βυρσοδεψίας και της μεταλλουργίας. Μεταβολές στην ποιότητα του νερού οι οποίες το καθιστούν ακατάλληλο για τους οργανισμούς προκαλούνται με διάφορους τρόπους. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η ρύπανση του νερού ξεκινά από την αστική και τη βιομηχανική δραστηριότητα της ξηράς και καταλήγει στις θάλασσες, στους ποταμούς και στις λίμνες.

Το **θερμό νερό** από τις ψυκτικές εγκαταστάσεις των πυρηνικών αντιδραστήρων και των εργοστασίων που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, όταν διοχετεύεται σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και επομένως **ελάττωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου** που βρίσκεται διαλυμένο σ' αυτό.

Τα **αστικά λύματα** που καταλήγουν μέσω των αγωγών αποχέτευσης στα υδάτινα οικοσυστήματα περιέχουν **παραπροϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού** (περιττώματα, σωματικές εκκρίσεις) και διάφορες ουσίες καθημερινής χρήσης όπως απορρυπαντικά, προϊόντα καθαρισμού κ. ά. Στις διαταραχές που προκαλούν τα αστικά λύματα στα υδάτινα οικοσυστήματα περιλαμβάνονται η **αύξηση του μικροβιακού φορτίου τους, που μπορεί να γίνει αιτία για τη διάδοση σοβαρών νοσημάτων, και το φαινόμενο του ευτροφισμού**.

Όσον αφορά το φαινόμενο αυτό, το υδάτινο οικοσύστημα, αφού δεχτεί τα αστικά λύματα, αλλά και τα λιπάσματα που αποπλένονται από το νερό της βροχής, εμπλουτίζεται με τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα που αυτά περιέχουν.

Σοβαρή πηγή ρύπανσης είναι και η βιομηχανική δραστηριότητα. Στα απόβλητά της περιέχεται ένα πλήθος από διαφορετικές χημικές ουσίες-όπως είναι τα **βαρέα μέταλλα** (ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, ο ψευδάργυρος κ.ά.), **οι οργανικοί διαλύτες και τα πετρελαιοειδή** οι οποίες, όταν εισάγονται στα υδάτινα οικοσυστήματα, διαταράσσουν την ισορροπία τους και εγκυμονούν κινδύνους για τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Ιδιαίτερα τα βαρέα μέταλλα και οι σύνθετες οργανικές ουσίες που δε διαλύονται στο νερό μπορούν να περάσουν μέσω των τροφικών αλυσίδων στον άνθρωπο, με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του. **Οι πιο τοξικοί όμως ρυπαντές στη βιόσφαιρα είναι τα διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα, και φυσικά τα ραδιενεργά απόβλητα και τα παραπροϊόντα των ραδιενεργών εκρήξεων.** Οι ρύποι αυτοί απέκτησαν ιδιαίτερη σημασία μετά το Β-Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω της αυξημένης απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον.

**Τι είναι ευτροφισμός των υδάτων, σε τι οφείλεται και ποιες συνέπειες έχει;**

Τα **αστικά λύματα** που καταλήγουν μέσω των αγωγών αποχέτευσης στα υδάτινα οικοσυστήματα περιέχουν παραπροϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού (περιττώματα, σωματικές εκκρίσεις) και διάφορες ουσίες καθημερινής χρήσης όπως απορρυπαντικά, προϊόντα καθαρισμού κ. ά. Στις διαταραχές που προκαλούν τα αστικά λύματα στα υδάτινα οικοσυστήματα περιλαμβάνονται η αύξηση του μικροβιακού φορτίου τους, που μπορεί να γίνει αιτία για τη διάδοση σοβαρών νοσημάτων, και το φαινόμενο του ευτροφισμού. Όσον αφορά το φαινόμενο αυτό, το υδάτινο οικοσύστημα, αφού δεχτεί τα **αστικά λύματα, αλλά και τα λιπάσματα** που αποπλένονται από το νερό της βροχής, εμπλουτίζεται με **τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα** που αυτά περιέχουν. Επειδή όμως οι ουσίες αυτές αποτελούν θρεπτικά συστατικά για τους υδρόβιους **φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (φυτοπλαγκτόν)**, προκαλείται υπέρμετρη αύξηση του πληθυσμού τους. Έτσι αυξάνεται και ο πληθυσμός των μονοκύτταρων ζωικών οργανισμών (**ζωοπλαγκτόν**) που εξαρτώνται τροφικά από το φυτοπλαγκτόν. Με το θάνατο των πλαγκτονικών οργανισμών **συσσωρεύεται νεκρή οργανική ύλη**, η οποία με τη σειρά της πυροδοτεί την **αύξηση των αποικοδομητών, δηλαδή των βακτηρίων** που την καταναλώνουν. Με την αύξηση όμως των μικροοργανισμών ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου γίνεται πολύ μεγαλύτερος από το ρυθμό παραγωγής του. Έτσι η **ποσότητα του οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένη στο νερό γίνεται ολοένα μικρότερη, γεγονός που πλήττει τους ανώτερους οργανισμούς του οικοσυστήματος, όπως τα ψάρια, που πεθαίνουν από ασφυξία.**



**Τι ονομάζουμε βιοσυσώρευση;**

**Βιοσυσώρευση ονομάζεται η αυξανόμενη συγκέντρωση, στους ιστούς οργανισμών, ουσιών που δεν μεταβολίζονται και δεν απεκκρίνονται, όσο προχωράμε από τα κατώτερα προς τα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Το φαινόμενο αυτό κατά το οποίο αυξάνεται η συγκέντρωση τοξικών χημικών ουσιών στους ιστούς των οργανισμών καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας ονομάζεται βιοσυσώρευση.**

**Ποια χαρακτηριστικά πρέπει να έχει μια ουσία για να προκαλέσει βιοσυσώρευση;**

**Θα πρέπει να μην αποικοδομείται ή να αποικοδομείται αργά, να μην μεταβολίζεται από τους οργανισμούς, να μην απεκκρίνεται και κατά συνέπεια να συσσωρεύεται στους διάφορους ιστούς.**

Οι μη βιοδιασπώμενες ουσίες όμως, όπως τα εντομοκτόνα, επειδή δεν μεταβολίζονται και δεν απεκκρίνονται μεταφέρονται αναλλοίωτες, μέσω της τροφής και συγκεντρώνονται σε μικρότερη βιομάζα. Κατά συνέπεια η συγκέντρωσή τους (ποσότητα μίας τέτοιας ουσίας/μονάδα βιομάζας), αυξάνεται. Ένα τέτοιο μόριο είναι το εντομοκτόνο DDT. Αν, για παράδειγμα, μια κάμπια φάει φύλλα φυτού που έχει ραντιστεί με DDT, αυτό θα απορροφηθεί από τον οργανισμό της, αλλά, επειδή δε μεταβολίζεται και δε διασπάται, θα συσσωρευτεί στους ιστούς της και φυσικά δε θα αποβληθεί με τις απεκκρίσεις της. Αν ένας κότσυφας καταναλώσει πολλές κάμπιες, τότε το DDT από όλες τις κάμπιες θα συγκεντρωθεί στους ιστούς του. Τελικά, το DDT θα βρεθεί σε ακόμα μεγαλύτερη συγκέντρωση στους ιστούς της κουκουβάγιας, που είναι ο τελικός καταναλωτής. εξαφάνισης. Το εντομοκτόνο είχε συσσωρευτεί ακόμη και στους πιγκουίνους της Ανταρκτικής και στο μητρικό γάλα των Εσκιμών. Η συνειδητοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η χρήση DDT οδήγησε στην αντικατάστασή του από άλλα βιοδιασπώμενα εντομοκτόνα. Ωστόσο το τίμημα της συσώρευσής του στους οργανισμούς το έχει ήδη πληρώσει ακριβώς το περιβάλλον: η συσώρευσή του στα αρπακτικά πτηνά καθιστά εύθραυστα τα κελύφη των αυγών τους, με συνέπεια τη δραματική μείωση των ρυθμών αναπαραγωγής τους που μπορεί να τα φέρει στα πρόθυρα της εξαφάνισης.

Ας παρακολουθήσουμε όμως με ένα παράδειγμα πώς αποτυπώνεται ποσοτικά η αύξηση της συγκέντρωσης μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας σε έναν οργανισμό. Έστω ότι σε κάθε κιλό ενός φυτού έχει αποτεθεί 1 mg μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας. Ένα φυτοφάγο, για να αυξήσει τη βιομάζα του κατά 1 κιλό, θα πρέπει να φάει 10 κιλά από το φυτό, τα οποία βεβαίως θα περιέχουν 10 mg της ουσίας. Αφού η ουσία αυτή δεν μπορεί να διασπαστεί και να αποβληθεί από το φυτοφάγο οργανισμό, η συγκέντρωσή της στους ιστούς του θα φτάσει τα 10 mg ανά κιλό. Σε ένα σαρκοφάγο η συγκέντρωση θα γίνει 100 mg ανά κιλό κ. ο. κ. Βλέπουμε λοιπόν ότι η συγκέντρωση μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας αυξάνεται καθώς πηγαίνουμε σε ανώτερα τροφικά επίπεδα.

Πολλές από τις ιδέες που έχουν κατά καιρούς διατυπωθεί από τους επιστήμονες γίνονται δύσκολα αποδεκτές από τον «κοινό νο», διότι φαίνεται ότι αντιβαίνουν στην εμπειρία. Για παράδειγμα, πολλοί αδυνατούν να αποδεχθούν ότι ένα σώμα μπορεί να κινείται χωρίς να ασκείται καμία δύναμη επάνω του (λόγω αδράνειας), γιατί έχουν τη (λανθασμένη) εντύπωση ότι πίσω από κάθε κίνηση πρέπει να υπάρχει απαραίτητα μια δύναμη που τη δημιουργεί. Παρομοίως ένας από τους λόγους για τους οποίους άργησε να γίνει αποδεκτή η θεωρία της εξέλιξης των ειδών, που διατυπώθηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο, ήταν ότι **στο σύντομο χρονικό διάστημα της ζωής του ανθρώπου δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές οι μεταβολές που υφίστανται τα είδη**. Η ιδέα της εξέλιξης είχε υποστηριχθεί και από άλλους στοχαστές που προηγήθηκαν του Δαρβίνου.

**Ο Δαρβίνος όμως τη διατύπωσε με επιστημονικούς όρους και επίσης υπέδειξε το μηχανισμό με τον οποίο αυτή συμβαίνει (φυσική επιλογή).**

Σήμερα η θεωρία της εξέλιξης είναι **αποδεκτή από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας και αποτελεί τη θεωρία που έχει επηρεάσει ίσως περισσότερο από κάθε άλλη σύγχρονη επιστημονική θεωρία το δυτικό πολιτισμό**.

Αυτός και μόνο ο λόγος θα ήταν αρκετός για να τη μελετάμε, πάντα στο βαθμό βέβαια που επιτρέπει ένα σχολικό εγχειρίδιο. Υπάρχει όμως ακόμη ένας σημαντικότερος λόγος που αφορά τη Βιολογία ως επιστήμη και το αντικείμενό της.

Η Βιολογία, όπως και κάθε άλλη επιστήμη, βασίζεται πάνω σε μερικές **θεμελιώδεις γενικεύσεις**, πάνω δηλαδή σε μερικές αρχές που ισχύουν σε όλη την έκταση των αντικειμένων που μελετά. Τη μία από αυτές τις γενικεύσεις την έχουμε ήδη γνωρίσει στο εγχειρίδιο της Βιολογίας της Β' Λυκείου. **Είναι η κυτταρική θεωρία, η οποία υποστηρίζει ότι όλα τα έμβια όντα αποτελούνται από κύτταρα και από προϊόντα κυττάρων.**

**Η άλλη γενίκευση είναι η θεωρία της εξέλιξης, η θεωρία δηλαδή που υποστηρίζει ότι όλα τα έμβια όντα είναι προϊόν εξέλιξης που υπέστησαν προγενέστεροι οργανισμοί.**

Χωρίς αυτή τη θεωρία η Βιολογία θα έμοιαζε περισσότερο με μια στείρα περιγραφή φυτικών και ζωικών οργανισμών από την οποία θα έλειπε ο μίτος που τους συνδέει μεταξύ τους. Χωρίς αυτή τη θεωρία, για να χρησιμοποιήσουμε και τα λόγια του Θεοδόσιου Ντομπζάνσκυ, ενός μεγάλου εξελικτικού του 20ού αιώνα, δε θα μπορούσαμε να κατανοήσουμε πώς ένα άθροισμα από χημικά συστατικά και κύτταρα, όπως ο άνθρωπος, έγινε ικανό: «να είναι ζωντανό, να αισθάνεται χαρά και πόνο, να ξεχωρίζει την ομορφιά από την ασχήμια και να διακρίνει το καλό από το κακό...».

## Ταξινόμηση των οργανισμών και εξέλιξη

Αν και δεν υπάρχουν ούτε δύο εντελώς όμοια όντα στον πλανήτη —εξαιρουμένων φυσικά των μονοζυγωτικών διδύμων ή των μικροοργανισμών που ανήκουν στον ίδιο κλώνο— οι επιστήμονες επιμένουν να κατατάσσουν τους οργανισμούς σε ομάδες, ανάλογα με το πόσο μοιάζουν μεταξύ τους. Η επιμονή αυτή εξηγείται από το γεγονός ότι η μελέτη των οργανισμών θα ήταν αδύνατη χωρίς τη συλλογή, την κατάταξη και τη σύγκρισή τους. **Ωστόσο, όπως μπορείτε να διαπιστώσετε στη συνέχεια, η ταξινόμηση των οργανισμών, εκτός του ότι διευκολύνει τη μελέτη τους, αντανακλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτοί έχουν εξελιχθεί.**

### Πώς όμως κατατάσσονται οι οργανισμοί;

Η πρώτη έννοια με την οποία χρειάζεται να ασχοληθούμε είναι η έννοια του πληθυσμού.

Για παράδειγμα, όλες οι γάτες μιας συνοικίας, δηλαδή ένα σύνολο ατόμων που μπορούν να αναπαραχθούν επειδή βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή, αποτελούν έναν πληθυσμό. Φυσικά δεν μπορούν να αναπαραχθούν με τους σκύλους ή τα σπουργίτια της συνοικίας, καθώς αυτά αποτελούν διαφορετικούς πληθυσμούς διαφορετικών κατηγοριών οργανισμών.

Μήπως λοιπόν θα μπορούσαμε να κατατάξουμε τους οργανισμούς με βάση τον πληθυσμό στον οποίο ανήκουν;

**Η απάντηση είναι όχι, διότι η έννοια αυτή, παρά την πολλαπλή χρησιμότητά της (το έχετε ήδη διαπιστώσει στην Οικολογία), δεν έχει πολύ αυστηρά όρια.**

Στο παράδειγμά μας, μια γάτα από άλλη συνοικία, που ανήκει σε έναν άλλο πληθυσμό, δεν αναπαράγεται με τις γάτες της συνοικίας μας, όσο δεν έρχεται σε επαφή μαζί τους. Αν όμως μεταφερθεί στη συνοικία μας, γίνεται μέλος του πληθυσμού της, καθώς μπορεί να αναπαραχθεί με τις υπόλοιπες. Χρειάζεται συνεπώς να διευρυνθεί το κριτήριο με βάση το οποίο συγκατατάσσουμε τους οργανισμούς, ώστε να περιλάβει όλους τους διαφορετικούς πληθυσμούς ατόμων οι οποίοι, όταν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, μπορούν να αναπαραχθούν. **Για το σκοπό αυτό επινοήθηκε η έννοια του είδους.**

**Το είδος περιλαμβάνει το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών ή, με άλλα λόγια, το σύνολο όλων των οργανισμών που μπορούν να αναπαραχθούν μεταξύ τους και να αποκτήσουν γόνιμους απογόνους. Η έννοια του είδους αντιπροσωπεύει ένα φυσικό όριο, καθώς περιλαμβάνει μόνο τους οργανισμούς που αναπαράγονται μεταξύ τους (π.χ. όλες τις γάτες του πλανήτη), αποκλείοντας άλλους οργανισμούς που είναι γόνιμοι μόνο με μέλη του είδους στο οποίο ανήκουν. Για το λόγο αυτό το είδος αποτελεί τη θεμελιώδη μονάδα ταξινόμησης.**

**Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί ότι ο ορισμός του είδους που δόθηκε έχει περιορισμούς.**

Ο βασικότερος από όλους είναι το γεγονός ότι όλοι οι οργανισμοί δεν αναπαράγονται με την επαφή με άτομο διαφορετικού φύλου. Ας πάρουμε για παράδειγμα την αμοιβάδα, το μονοκύτταρο οργανισμό που αναπαράγεται με κυτταρική διαίρεση (μονογονία).

Πώς λοιπόν θα ορίσουμε το είδος, αφού το κριτήριο της δυνατότητας αναπαραγωγής με άλλο άτομο —που ονομάζεται μειξιολογικό κριτήριο— δεν ισχύει;

Στην περίπτωση αυτή αντί του μειξιολογικού κριτηρίου εφαρμόζεται το τυπολογικό κριτήριο, δηλαδή το κριτήριο της ομοιότητας μεταξύ των οργανισμών. Όταν δύο οργανισμοί έχουν κοινά μορφολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά, ομαδοποιούνται στο ίδιο είδος.

Με βάση αυτό το τυπολογικό κριτήριο, που αποτελεί επινόηση του Σουηδού φυσιολόγου Λινναίου, έχει ταξινομηθεί το σύνολο των διαφορετικών οργανισμών του πλανήτη και έχει γίνει δυνατή η συγκρότηση ευρύτερων ταξινομικών βαθμίδων πέρα από το είδος.

Έτσι τα είδη που μοιάζουν μεταξύ τους περισσότερο από ό,τι άλλα συνιστούν ένα γένος, τα γένη που μοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους από ό,τι άλλα συνιστούν μια οικογένεια, οι οικογένειες μια τάξη, οι τάξεις μια κλάση, οι κλάσεις ένα φύλο.

*Φυλογενετικό δέντρο: Η γάτα και ο λύγκας έχουν κοινό πρόγονο, που έζησε πρόσφατα (φαίνεται από το σημείο τομής των κλάδων τους), συνεπώς είναι περισσότεροι συγγενικοί και πρέπει να τοποθετηθούν στο ίδιο γένος. Παρομοίως ο γορίλας και ο γίββωνας μοιράζονται κοινό πρόγονο, οπότε τοποθετούνται στην ίδια οικογένεια. Πηγαίνοντας όμως πίσω στο χρόνο η εξελικτική έρευνα μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο άνθρωπος, ο γορίλας και ο γίββωνας έχουν έναν απώτερο κοινό πρόγονο, οπότε πρέπει να συγκαταταχθούν στην ίδια τάξη. Τέλος, ο κροκόδειλος δε μοιάζει με τα άλλα ζώα και γι' αυτό κατατάσσεται σε ξεχωριστή κλάση, αυτήν των ερπετών. Βρέθηκε όμως ότι έχει ένα μακρινό κοινό πρόγονο με τα θηλαστικά, ο οποίος έζησε πριν από 240 εκατομμύρια χρόνια.*

### Η θεωρία του Λαμάρκ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σύλληψη της ιδέας της εξέλιξης δεν ανήκει αποκλειστικά στον Κάρολο Δαρβίνο. Σπέρματά της βρίσκονται στις θεωρίες που ανέπτυξαν οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι ήδη από τον 6ο π.Χ αιώνα. Το γεγονός όμως ότι στην επιστημονική σκέψη της Δύσης δέσποζαν οι απόψεις του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, που πίστευαν στη σταθερότητα των ειδών, έκανε την ιδέα της εξέλιξης να ξεχαστεί για αιώνες.

Κατά τη διάρκεια του 18ου αιώνα η εξέλιξη έρχεται πάλι στο προσκήνιο. Ο Γάλλος ζωολόγος Ζαν-Μπατίστ Λαμάρκ (1744- 1829), ο οποίος επινόησε τον όρο **Βιολογία**, ήταν ο πρώτος που υποστήριξε με επιχειρήματα ότι τα είδη μεταβάλλονται και ότι η ζωή στον πλανήτη μας έχει προέλθει από απλούστερες μορφές που

**σταδιακά έγιναν πιο περίπλοκες.** Ήταν επίσης ο πρώτος που παρουσίασε στο βιβλίο του Η φιλοσοφία της Ζωολογίας, το οποίο εκδόθηκε το 1809, μια ολοκληρωμένη θεωρία, για να εξηγήσει πώς τα φυτά και τα ζώα εξελίσσονται.

Η άποψη του Λαμάρκ ήταν ότι η **άβια ύλη παράγει ατελείς μορφές ζωής, οι οποίες εξελίσσονται σε συνθετότερες εξαιτίας μιας έμφυτης τάσης των όντων για συνεχή πρόοδο.** Κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων οι πρωτόγονοι οργανισμοί μετατρέπονται σταδιακά, κατά μήκος μιας «νοητής φυσικής κλίμακας», σε πιο εξελιγμένους, με τη βοήθεια μιας εσωτερικής δύναμης, η οποία στοχεύει στη βελτίωσή τους.

Ο Λαμάρκ πίστευε επίσης ότι οι αλλαγές στο περιβάλλον δημιουργούν νέες συνήθειες στα ζώα, με αποτέλεσμα αυτά να χρησιμοποιούν περισσότερο κάποια όργανά τους ή, αντίθετα, να μην τα χρησιμοποιούν καθόλου. **Σύμφωνα με την αρχή της χρήσης και της αχρησίας, τα όργανα ενός ζώου που βοηθούν στην προσαρμογή του στο περιβάλλον χρησιμοποιούνται από αυτό περισσότερο, αναπτύσσονται και μεγαλώνουν, ενώ τα όργανα εκείνα που δε συμβάλλουν στην προσαρμογή του περιπίπτουν σε αχρησία, ατροφούν και εξαφανίζονται.**

**Μ' αυτό τον τρόπο τα ζώα αποκτούν νέα χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Ο Λαμάρκ πίστευε ότι τα επίκτητα αυτά χαρακτηριστικά κληροδοτούνται στη συνέχεια στους απογόνους.** Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, συσσωρεύονται πολλές αλλαγές οι οποίες οδηγούν στη δημιουργία ενός είδους που είναι διαφορετικό από το αρχικό.

Πολυάριθμα πειράματα έχουν αποτύχει να αποδείξουν μέχρι σήμερα την κληρονομία των επίκτητων χαρακτηριστικών. Η εξήγηση επομένως της εξέλιξης των ειδών με την κληρονομία των επίκτητων χαρακτηριστικών δεν είναι αποδεκτή. Πενήντα χρόνια αργότερα παρουσιάστηκαν περισσότερες ενδείξεις για την εξέλιξη και μια άλλη εξήγηση, αυτή τη φορά από τον Κάρολο Δαρβίνο, για τον τρόπο που πραγματοποιείται.

### **Η θεωρία της φυσικής επιλογής**

Το 1809, έτος δημοσίευσης της εργασίας του Λαμάρκ, γεννήθηκε στην Αγγλία ο Κάρολος Δαρβίνος. Αν και ως μαθητής ενδιαφερόταν ιδιαίτερα για τη μελέτη του φυσικού κόσμου, ολοκληρώνοντας τις εγκύκλιες σπουδές του στράφηκε αρχικά στην Ιατρική και μετά στη Θεολογία. Οι επιδόσεις του όμως και στους δύο αυτούς τομείς ήταν απογοητευτικές. Έτσι, όταν του προτάθηκε να μετάσχει ως άμισθος φυσιοδίφης σε μια υπερπόντια αποστολή για λογαριασμό του Βρετανικού Ναυτικού, είδε το ταξίδι αυτό ως μια ευκαιρία να ασχοληθεί με τη μελέτη του αγαπημένου του αντικειμένου. Το ταξίδι με τη φρεγάτα «Beagle» (Ιχνηλάτης) ξεκίνησε το 1831 και διήρκεσε 5 χρόνια.

Στο διάστημα αυτό ο Δαρβίνος είχε τη δυνατότητα να συλλέξει ένα πλήθος από διαφορετικά ζώα, φυτά αλλά και απολιθώματα, και να πραγματοποιήσει γεωλογικές, κλιματολογικές και ανθρωπολογικές παρατηρήσεις στις περιοχές που επισκέφθηκε (από τη ζούγκλα του Αμαζονίου και τις πεδιάδες της Αργεντινής ως τα υψίπεδα των Άνδεων και τα νησιά Γκαλαπάγκος). Ο Δαρβίνος, πριν από το ταξίδι, πίστευε, όπως οι περισσότεροι άνθρωποι της εποχής του, ότι τα είδη είναι σταθερά και δε μεταβάλλονται. Το υλικό όμως που είχε συλλέξει και οι παρατηρήσεις που είχε πραγματοποιήσει δεν άργησαν να τον οδηγήσουν στην ιδέα ότι τα είδη μεταβάλλονται.

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Δαρβίνος, παρ' όλο που είχε αποσαφηνίσει τις βασικές αρχές της θεωρίας του ήδη από το 1839, τη δημοσίευσε αρκετά αργότερα, το 1858.

Προβλέποντας τις φοβερές αντιδράσεις που θα προκαλούσε, ήθελε να συλλέξει πρόσθετο αποδεικτικό υλικό. Το βιβλίο του Προέλευση των ειδών διά της φυσικής επιλογής εξαντλήθηκε την πρώτη ημέρα της κυκλοφορίας του και παραμένει ακόμη και σήμερα ένα από τα βιβλία που έχουν πραγματοποιήσει τις περισσότερες εκδόσεις παγκοσμίως.

Η ανάπτυξη της θεωρίας της εξέλιξης με βάση τη φυσική επιλογή ήταν ένα αξιωμακονικό επίτευγμα του 19ου αιώνα, που εμπλούτισε την επιστήμη της Βιολογίας και άλλαξε ριζικά την άποψή μας για τους ίδιους και για το φυσικό κόσμο.

**Παρατήρηση 1. Οι πληθυσμοί των διάφορων ειδών τείνουν να αυξάνονται από γενιά σε γενιά με ρυθμό γεωμετρικής προόδου.**

**Παρατήρηση 2. Αν εξαιρεθούν οι εποχικές διακυμάνσεις, τα μεγέθη των πληθυσμών παραμένουν σχετικά σταθερά.**

**Συμπέρασμα 1. Για να παραμείνει σταθερό το μέγεθος ενός πληθυσμού, παρά την τάση για αύξηση, μερικά άτομα δεν επιβιώνουν ή δεν αναπαράγονται. Συνεπώς μεταξύ των οργανισμών ενός πληθυσμού διεξάγεται ένας αγώνας επιβίωσης**

**Παρατήρηση 3. Τα άτομα ενός είδους δεν είναι όμοια. Στους πληθυσμούς υπάρχει μια τεράστια ποικιλομορφία όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά των μελών τους.**

**Παρατήρηση 4. Τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά των γονέων κληροδοτούνται στους απογόνους τους.**

**Συμπέρασμα 2.** Η επιτυχία στον αγώνα για την επιβίωση δεν είναι τυχαία. Αντιθέτως, εξαρτάται από το είδος των χαρακτηριστικών που έχει κληρονομήσει ένας οργανισμός από τους προγόνους του. Οι οργανισμοί οι οποίοι έχουν κληρονομήσει χαρακτηριστικά που τους βοηθούν να προσαρμόζονται καλύτερα στο περιβάλλον τους επιβιώνουν περισσότερο ή/και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους οργανισμούς οι οποίοι έχουν κληρονομήσει λιγότερο ευνοϊκά για την επιβίωσή τους χαρακτηριστικά.

**Συμπέρασμα 3.** Τα ευνοϊκά για την επιβίωση χαρακτηριστικά μεταβιβάζονται στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη συχνότητα από τα λιγότερο ευνοϊκά, καθώς οι φορείς τους επιβιώνουν και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους φορείς των λιγότερο ευνοϊκών χαρακτηριστικών. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, η συσσώρευση όλο και περισσότερων ευνοϊκών χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου είδους.

Η διαδικασία με την οποία οι οργανισμοί που είναι περισσότερο προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους επιβιώνουν και αναπαράγονται περισσότερο από τους λιγότερο προσαρμοσμένους ονομάστηκε από τον **Κάρολο Δαρβίνο** φυσική επιλογή.

Ο όρος χρησιμοποιήθηκε σε αντιδιαστολή με την τεχνητή επιλογή την οποία κάνει ο άνθρωπος κάθε φορά που επιλέγει τα καταλληλότερα ζώα (ή φυτά) ή αυτά που έχουν οικονομικό ενδιαφέρον, προκειμένου να παραγάγει απογόνους με επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Η θεωρία του **Δαρβίνου** προσέφερε μια απλή αλλά πειστική εξήγηση για την ποικιλία των ειδών στη Γη. Επειδή οι διάφορες περιοχές έχουν διαφορετικές συνθήκες και διαφορετικές ευκαιρίες επιβίωσης, διαφορετικοί οργανισμοί επιλέγονται από τη φυσική επιλογή ως οι πιο προσαρμοσμένοι στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

Ένα από τα σημεία που χρειάζονται αποσαφήνιση στη θεωρία που διατύπωσε ο **Δαρβίνος** είναι το πού τελικά δρα η φυσική επιλογή.

Για την εξελικτική λοιπόν θεωρία η φυσική επιλογή δρα στον πληθυσμό και συνεπώς ο πληθυσμός αντιπροσωπεύει τη μικρότερη δυνατή μονάδα που μπορεί να εξελιχθεί. Αυτό φαίνεται παράδοξο, καθώς η φυσική επιλογή περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα μεμονωμένα άτομα και το περιβάλλον τους, οπότε θα ήταν λογικότερο τα μεμονωμένα άτομα να αποτελούν τη μονάδα της εξέλιξης και όχι οι πληθυσμοί. Όμως ένα μεμονωμένο άτομο μπορεί να παρουσιάσει ένα, το πολύ, νέο χαρακτηριστικό είτε λόγω μεταβολής του γενετικού υλικού του (μετάλλαξη) είτε λόγω της επίδρασης του περιβάλλοντός του (επίκτητο γνώρισμα).

**Αντιθέτως η εξέλιξη απαιτεί συσσώρευση πολλών νέων κληρονομήσιμων χαρακτηριστικών που έχουν εδραιωθεί στους πληθυσμούς διαδοχικών γενεών με τη δράση της φυσικής επιλογής.**

**Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η δράση της φυσικής επιλογής είναι τοπικά και χρονικά προσδιορισμένη.**

Οι συνθήκες του περιβάλλοντος διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από χρονική στιγμή σε χρονική στιγμή. Έτσι είναι δυνατόν ένα χαρακτηριστικό που αποδεικνύεται προσαρμοστικό σε μια περιοχή μια καθορισμένη χρονική στιγμή να είναι άχρηστο ή και δυσμενές σε μια άλλη περιοχή ή σε μια άλλη χρονική στιγμή.

### **Η φυσική επιλογή εν δράσει**

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα δράσης της φυσικής επιλογής είναι αυτό της **πεταλούδας *Biston betularia***, ενός εντόμου που είναι πολύ διαδεδομένο στην Αγγλία και στη Σκωτία.

**Η πεταλούδα αυτή συναντιέται σε δύο παραλλαγές που διαφέρουν ως προς το χρωματισμό τους. Η μία είναι ανοιχτόχρωμη και φέρει σκούρες κηλίδες στις πτέρυγές της, ενώ η άλλη είναι εξ ολοκλήρου μαύρη.**

Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση πολυπληθέστερες ήταν οι ανοιχτόχρωμες πεταλούδες, ενώ οι μαύρες ήταν ελάχιστες. Μετά όμως τη Βιομηχανική Επανάσταση τα πράγματα άλλαξαν ριζικά: βαθμιαία άρχισαν να επικρατούν οι μαύρες πεταλούδες, έτσι ώστε στις αρχές του 20ού αιώνα να αποτελούν αυτές τη μοναδική σχεδόν παραλλαγή πεταλούδας σε πολλές βιομηχανικές περιοχές (όπως το Μάντσεστερ).

**Το φαινόμενο αυτό, το οποίο συσχετίστηκε με τη βιομηχανική ρύπανση, ονομάστηκε βιομηχανικός μελανισμός και έκτοτε έχει παρατηρηθεί σε δεκάδες είδη εντόμων που ζουν σε βιομηχανικές περιοχές. Η εξήγηση του φαινομένου βρίσκεται στη δράση της φυσικής επιλογής.**

Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση οι κορμοί των δέντρων είχαν το φυσικό ανοιχτό χρώμα τους. Οι ανοιχτόχρωμες πεταλούδες που αναπαύονταν επάνω τους (γιατί η πεταλούδα αυτή τρέφεται τη νύχτα και αναπαύεται την ημέρα) **διακρίνονταν δυσκολότερα από τους θηρευτές τους**, τα εντομοφάγα πτηνά, σε σχέση με τις μαύρες. Για το λόγο αυτό επικράτησαν στους τοπικούς πληθυσμούς της πεταλούδας, αφού είχαν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης —και μεταβίβασης του χαρακτηριστικού τους (ανοιχτό χρώμα πτερύγων) στις επόμενες γενιές— από τις μαύρες.

Όταν μαύρισαν οι κορμοί των δέντρων εξαιτίας της βιομηχανικής ρύπανσης, **η δράση της φυσικής επιλογής αντιστράφηκε**. Το προσαρμοστικό πλεονέκτημα το είχαν πλέον οι μαύρες πεταλούδες, που ήταν περισσότερο δυσδιάκριτες στους κορμούς από τις ανοιχτόχρωμες. Έτσι βαθμιαία άρχισαν να επικρατούν αριθμητικά, καθώς επιβίωναν περισσότερο και μεταβίβαζαν με μεγαλύτερη συχνότητα το χρωματισμό τους στις επόμενες γενιές από τις ανοιχτόχρωμες.



Πρέπει όμως στο σημείο αυτό να γίνει μια επισήμανση προκειμένου να αποφευχθούν πιθανές παρανοήσεις για το μηχανισμό με τον οποίο προχωρεί η εξέλιξη.

Οι πεταλούδες δεν ανταποκρίθηκαν στη μεταβολή του περιβάλλοντος (μαύρισμα των κορμών των δέντρων) αναπτύσσοντας ένα γνώρισμα που δεν υπήρχε προηγουμένως (όπως θα μπορούσε να ισχυριστεί ένας οπαδός της θεωρίας του Λαμάρκ), καθώς η μαύρη παραλλαγή τους προϋπήρχε της Βιομηχανικής Επανάστασης. Απλώς η φυσική επιλογή έδρασε ευνοώντας από τα υπάρχοντα κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά εκείνο που προσέδιδε μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης στο φορέα του (ανοιχτός χρωματισμός όταν οι κορμοί ήταν ανοιχτόχρωμοι, μαύρος χρωματισμός όταν οι κορμοί ήταν σκουρόχρωμοι).

### Θεωρία του Λαμάρκ

Οι καμηλοπαρδάλεις δημιουργήθηκαν από οργανισμούς κατώτερων βαθμίδων διαμέσου της φυσικής κλίμακας.

Τα χαμηλότερα κλαδιά απογυμνώθηκαν από τα φύλλα τους, οπότε προέκυψε η ανάγκη για πρόσβαση των καμηλοπαρδάλων, που ως τότε είχαν κοντούς λαιμούς, στα ψηλότερα κλαδιά.

Σύμφωνα με την αρχή της χρήσης και της αχρησίας, ορισμένα ζώα τέντωναν το λαιμό τους, για να φτάνουν τα ψηλά κλαδιά. Με το συνεχές τέντωμα και με τη βοήθεια μιας εσωτερικής δύναμης ο λαιμός τους μάκρυνε (τα ζώα δεν εξαφανίστηκαν).

Σύμφωνα με την αρχή της κληρονομικής μεταβίβασης των επίκτητων χαρακτηριστικών, ο μακρύς λαιμός κληροδοτήθηκε στους απογόνους και αποτέλεσε χαρακτηριστικό του είδους τους.

### Θεωρία του Δαρβίνου

Στο φυλογενετικό δέντρο των καμηλοπαρδάλων, σε κάποιο προγονικό είδος, υπήρχαν ζώα με λαιμούς ποικίλου μήκους.

Ο αριθμός των ζώων που γεννιούνταν ήταν πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των ζώων που μπορούσε να θρέψει το περιβάλλον. Προέκυψε λοιπόν η ανάγκη ελέγχου του μεγέθους του πληθυσμού τους.

Η φυσική επιλογή ευνόησε τα άτομα με τον ψηλότερο λαιμό, γιατί μπορούσαν να προσεγγίσουν τροφή καλύτερης ποιότητας ή μεγαλύτερης ποσότητας. Τα άτομα με κοντό λαιμό σταδιακά λιγόστευαν και τελικά εξαφανίστηκαν.

Ο μακρύς λαιμός κληροδοτήθηκε στους απογόνους και αποτέλεσε χαρακτηριστικό του είδους τους.