

Κεφάλαιο 4. Γενετική

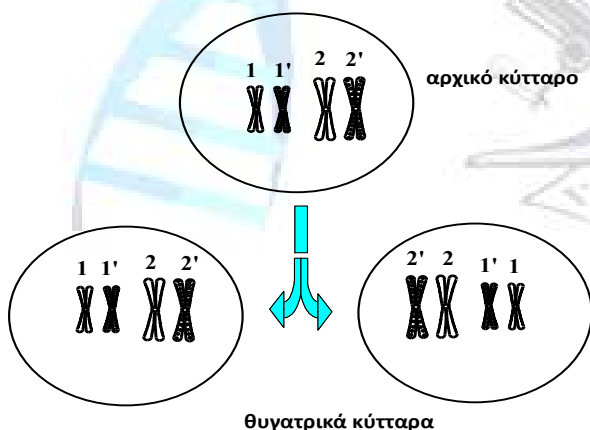
4.3 ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

Εισαγωγή

- Ποιούς σκοπούς εξυπηρετεί η διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης;
Η κυτταρική διαίρεση είναι η αφετηρία:
 - 1) της ανάπτυξης και
 - 2) της αναπαραγωγής των οργανισμών.
- Ποιοί είναι οι τρόποι κυτταρικής διαίρεσης;
Οι τρόποι κυτταρικής διαίρεσης είναι δύο: η μίτωση και η μείωση.
- Με ποιο είδος κυτταρικής διαίρεσης επιτελείται η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή των οργανισμών;
Με τη μίτωση:
 - 1) η μονογονική αναπαραγωγή των οργανισμών, κατά την οποία το νέο ή τα νέα άτομα προέρχονται από ένα μόνο γονέα,
 - 2) η αύξηση του αριθμού των κυττάρων και συνεπώς η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών και
 - 3) η αντικατάσταση των νεκρών, κατεστραμμένων ή γηρασμένων κυττάρων στους ιστούς με άλλα όμοια με αυτά.Με τη μείωση:
 - 1) η αμφιγονική αναπαραγωγή των οργανισμών, κατά την οποία το νέο άτομο είναι προϊόν γονιμοποίησης, συνένωσης δηλαδή δύο εξειδικευμένων κυττάρων (γαμετών), που προέρχονται από γονείς διαφορετικού φύλου,

Μίτωση

- Ποιό είναι το τελικό αποτέλεσμα της μίτωσης;
Η μίτωση οδηγεί τελικά στη δημιουργία δύο πανομοιότυπων μεταξύ τους (όσο και με το μητρικό) θυγατρικών κυττάρων.



Εικόνα 1.

Μίτωση. Με τη μιτωτική διαίρεση σχηματίζονται δύο νέα θυγατρικά κύτταρα που έχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων και το ίδιο γενετικό υλικό με το αρχικό κύτταρο.

Εδώ υπάρχουν 4 χρωμοσώματα οργανωμένα σε 2 ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων: τα 1 και 1' και τα 2 και 2'.

- Ποιές είναι οι επιμέρους διαδικασίες που συμβαίνουν στη διάρκεια της μίτωσης;
Είναι δύο διαδοχικές διαδικασίες:

- 1) η πυρηνική διαίρεση και
 - 2) η κυτταροπλασματική διαίρεση
- Τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πυρηνικής διαίρεσης;
Γίνεται ακριβοδίκαιη διανομή γενετικού υλικού στους δύο θυγατρικούς πυρήνες.
 - Τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της κυτταροπλασματικής διαίρεσης;
Το κυτταρόπλασμα του μητρικού κυττάρου μοιράζεται στα δύο θυγατρικά κύτταρα, έτσι ώστε το καθένα να αποκτήσει το απαραίτητο κυτταρόπλασμα και οργανίδια.

Πυρηνική διαίρεση

- Ποιά είναι τα στάδια της πυρηνικής διαίρεσης για τα περισσότερα ευκαρυωτικά κύτταρα;
Για διευκόλυνση της μελέτης και της περιγραφής της η πυρηνική διαίρεση χωρίζεται στα εξής τέσσερα στάδια: η **πρόφαση**, η **μετάφαση**, η **ανάφαση** και η **τελόφαση**.

ΠΡΟΦΑΣΗ

- Τι συμβαίνει κατά την πρόφαση;

- 1) Είναι το μεγαλύτερο σε διάρκεια στάδιο της μίτωσης.
- 2) Τα ινίδια της χρωματίνης αρχίζουν να περιελίσσονται και να συμπυκνώνονται, για να πάρουν τη χαρακτηριστική μορφή των χρωμοσωμάτων.
- 3) Στη συνέχεια σχηματίζεται η άτρακτος.
- 4) Ο πυρηνικός φάκελος και ο πυρηνίσκος αποδιοργανώνονται.

- Πώς προέκυψαν οι αδελφές χρωματίδες;
Οι αδελφές χρωματίδες είναι αποτέλεσμα του αυτοδιπλασιασμού του γενετικού υλικού, που έγινε κατά τη μεσόφαση, αποτελούνται (η καθεμιά) από ένα δίκλωνο μόριο DNA και είναι γενετικά πανομοιότυπες μεταξύ τους.
- Ποιά συγκεκριμένη αλλαγή της μορφής του γενετικού υλικού συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πρόφασης;
Στην αρχή το γενετικό υλικό που έχει ήδη διπλασιαστεί κατά τη μεσόφαση είναι υπό μορφή ινιδίων χρωματίνης. Τα ινίδια χρωματίνης αρχίζουν να περιελίσσονται και να συμπυκνώνονται, για να πάρουν τη χαρακτηριστική μορφή των χρωμοσωμάτων. Στο τέλος της πρόφασης κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες, ενωμένες στο κεντρομερίδιο.
- Για ποιό λόγο το γενετικό υλικό του κυττάρου «πακετάρεται» σε χρωμοσώματα;
Δεν πρέπει να σπάσει ούτε να χαθεί τίποτε κατά τη μεταφορά του γενετικού υλικού στα θυγατρικά κύτταρα.
- Πώς γίνεται ο σχηματισμός της ατράκτου στα ζωικά κύτταρα;
Στα ζωικά κύτταρα γίνεται με τη βοήθεια του κεντροσωματίου, που έχει ήδη διπλασιαστεί κατά τη μεσόφαση. Τα δύο κεντροσωμάτια μετακινούνται προς τους δύο πόλους. Από κάθε κεντροσωμάτιο προβάλλουν ακτινωτά νημάτια, οι μικροσωληνίσκοι, που σιγά σιγά σχηματίζουν την άτρακτο.

- Πώς γίνεται ο σχηματισμός της ατράκτου στα φυτικά κύτταρα;

Στα φυτικά κύτταρα η άτρακτος, που αποτελείται από μικροσωληνίσκους δεν οργανώνεται από κεντροσωμάτιο, αφού δε διαθέτουν τέτοια (αλλά από μια περιοχή ανάλογη της κεντροσωματικής).

- Ποιά είναι η σημασία της αποδιοργάνωσης του πυρηνικού φακέλου και του πυρηνίσκου;

Ο πυρηνικός φάκελος και ο πυρηνίσκος αποδιοργανώνονται, επιτρέποντας στους μικροσωληνίσκους να εισβάλουν στο χώρο που καταλάμβανε ο πυρήνας και να ενωθούν με τα κεντρομερίδια των χρωμοσωμάτων.

ΜΕΤΑΦΑΣΗ

- Τι συμβαίνει κατά την μετάφαση;

- 1) Τα χρωμοσώματα μετακινούνται προς τον ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.
- 2) Τα χρωμοσώματα διατάσσονται τυχαία στο ισημερινό επίπεδο.
- 3) Κατά τη μετάφαση συνεχίζεται και ολοκληρώνεται η συμπύκνωση της χρωματίνης.

Στη μετάφαση τα χρωμοσώματα είναι περισσότερο ευδιάκριτα

- Πώς γίνεται η μετακίνηση των χρωμοσωμάτων κατά τη μετάφαση;

Με την έναρξή της τα χρωμοσώματα εγκαταλείπουν τις τυχαίες θέσεις που καταλάμβαναν κατά την πρόφαση και αρχίζουν να μετακινούνται κατά μήκος των νηματίων της ατράκτου, προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.

- Πώς διατάσσονται τα χρωμοσώματα κατά τη μετάφαση;

Στο τέλος αυτής της φάσης τα χρωμοσώματα έχουν φτάσει στο ισημερινό επίπεδο, με τις αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος να έχουν τοποθετηθεί παράλληλα προς αυτό.

Τα ομόλογα χρωμοσώματα βρίσκονται σε τυχαία διάταξη στο ισημερινό επίπεδο.

- Ποιά είναι η μορφή του γενετικού υλικού κατά τη διάρκεια της μετάφασης;

Κατά τη μετάφαση συνεχίζεται η συμπύκνωση της χρωματίνης. Στο τέλος της τα χρωμοσώματα έχουν το μέγιστο βαθμό συμπύκνωσης.

Γι' αυτό το λόγο η παρατήρηση, η φωτογράφιση, όπως και κάθε άλλη διαδικασία που αφορά τη μελέτη της δομής, το μήκος ή τον αριθμό των χρωμοσωμάτων γίνονται κατά τη διάρκειά της.

Στο τέλος της ανάφασης κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από μια χρωματίδα.

ΑΝΑΦΑΣΗ

- Τι συμβαίνει κατά την ανάφαση;

- 1) Τα κεντρομερίδια διαιρούνται.
- 2) Αρχίζει ο αποχωρισμός των αδελφών χρωματίδων.
- 3) Αρχίζει η μετακίνηση των χρωματίδων προς τους πόλους του κυττάρου.

- Τι επιτελείται με τη διαίρεση των κεντρομεριδίων;

Με την ολοκλήρωση αυτής της διαίρεσης καθεμιά από τις αδελφές χρωματίδες ανεξαρτητοποιείται από την άλλη.

- Πώς γίνεται η διαίρεση των κεντρομεριδίων;

Οι μικροσωληνίσκοι της ατράκτου ασκούν αντίθετη έλξη στα δημιουργούμενα κεντρομερίδια και έτσι οι δύο αδελφές χρωματίδες αποχωρίζονται, σαν να κινούνται πάνω σε ράγες τρένου, προς αντίθετο πόλο η καθεμιά.

- Ποια συγκεκριμένη αλλαγή της μορφής του γενετικού υλικού συμβαίνει στο τέλος της ανάφασης;

Από το σημείο αυτό θεωρούμε ότι κάθε χρωματίδα αποτελεί πλέον ένα ανεξάρτητο χρωμόσωμα.

Λαμβάνουν χώρα διαδικασίες αντίστροφες από αυτές της πρόφασης.

ΤΕΛΟΦΑΣΗ

- Τι συμβαίνει κατά την τελόφαση;

- 1) Επανεμφανίζονται πυρηνίσκος και πυρηνική μεμβράνη.
- 2) Εξαφανίζεται (διαλύεται) η άτρακτος.
- 3) Η μορφή χρωμοσωμάτων αποκτά τη μορφή του αποσυσπειρωμένου ινιδίου χρωματίνης.

- Πότε αρχίζει η φάση της τελόφασης;

Όταν καθεμιά από τις δύο πλήρεις σειρές χρωμοσωμάτων, που δημιουργήθηκαν κατά την ανάφαση, φθάσει στον πόλο του κυττάρου προς τον οποίο κατευθυνόταν.

- Ποιά συγκεκριμένη αλλαγή της μορφής του γενετικού υλικού συμβαίνει στο τέλος της τελόφασης;

Δημιουργούνται έτσι δύο θυγατρικοί πυρήνες. Σε καθέναν από αυτούς τα χρωμοσώματα επανέρχονται στη μορφή του δικτύου χρωματίνης της μεσόφασης.

Κυτταροπλασματική διαίρεση

- Πότε συμβαίνει η κυτταροπλασματική διαίρεση;
Αμέσως μετά τη πυρηνική διαίρεση.

- Τι συμβαίνει κατά την κυτταροπλασματική διαίρεση;

Για να ολοκληρωθεί συνεπώς η μίτωση, πρέπει να διαιρεθεί και το κυτταρόπλασμα, ώστε να σχηματιστούν δύο αυτοτελή κύτταρα. Αυτό γίνεται με τη διαδικασία της κυτταροπλασματικής διαίρεσης, κατά την οποία διανέμεται το κυτταρόπλασμα στα δύο θυγατρικά κύτταρα.

- Πώς γίνεται η κυτταροπλασματική διαίρεση στα ζωικά κύτταρα;

Στα ζωικά κύτταρα, στο ύψος του ισημερινού επιπέδου του κυττάρου, σχηματίζεται ένας περιφερικός δακτύλιος από ινίδια ακτίνης. Ο δακτύλιος αυτός με την πάροδο του χρόνου στενεύει όλο και περισσότερο, ώσπου να διχοτομήσει τελικά το κύτταρο (αυλάκωση).

- Πώς γίνεται η κυτταροπλασματική διαίρεση στα φυτικά κύτταρα;

Στα φυτικά κύτταρα η κυτταροπλασματική διαίρεση γίνεται με εντελώς διαφορετικό τρόπο. Ήδη, από το τέλος της ανάφασης, στην περιοχή του ισημερινού επιπέδου αρχίζει να δημιουρ-

γείται από μικροσωληνίσκους ένα πλέγμα, ο φραγμοπλάστης. Από το φραγμοπλάστη θα προκύψουν τα κυτταρικά τοιχώματα των δύο θυγατρικών κυττάρων.

Η βιολογική σημασία της μίτωσης

- *Γιατί η μίτωση θεωρείται μια διαδικασία που ευνοεί τη γενετική σταθερότητα;*
Το αρχικό κύτταρο και τα δύο θυγατρικά του έχουν μια σημαντική ομοιότητα. Και τα τρία είναι ταυτόσημα από γενετική άποψη, γιατί καθένα από τα δύο θυγατρικά πήρε τη μία από τις δύο αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος του μητρικού κυττάρου.
- *Ποιές βιολογικές διαδικασίες επιτελούνται με τη μίτωση;*
 - 1) Η μονογονική αναπαραγωγή:
 - α) των μονοκύτταρων οργανισμών (βακτηρίων, πρωτοζώων και ορισμένων μυκήτων) και
 - β) των πολυκύτταρων ευκαρυωτικών οργανισμών (ορισμένοι μύκητες και ανώτερα φυτά) που πολλαπλασιάζονται με εκβλάστηση, παραφυάδες, οφθαλμούς κτλ.Οι απόγονοι τους έχουν τον ίδιο αριθμό και το ίδιο είδος χρωμοσωμάτων με τους προγόνους τους.
 - 2) η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών.
Τα νέα κύτταρα έχουν ίδιο αριθμό και είδος χρωμοσωμάτων με τα κύτταρα από τα οποία προήλθαν.
 - 3) η ανανέωση των κυττάρων τους.
Τα κύτταρα που προστίθενται στον αναπτυσσόμενο οργανισμό και αντικαθιστούν κατεστραμμένα ή γηρασμένα κύτταρα θα έχουν τον ίδιο αριθμό και είδος χρωμοσωμάτων με τα προγενέστερα.

Μείωση

- *Σε ποιο είδος αναπαραγωγής οι απόγονοι είναι πιστά αντίγραφα του γονέα;*
Στη μονογονική αναπαραγωγή, οι γενετικές πληροφορίες για τη δημιουργία του νέου ατόμου προέρχονται από ένα μοναδικό γονέα. Είναι λοιπόν επόμενο οι απόγονοι, λόγω της πιστότητας της αντιγραφής του γενετικού υλικού και της ακρίβειας της διανομής του με τη μίτωση, να είναι πιστά αντίγραφα του.
- *Ποιές είναι οι διαφορές μεταξύ μονογονικής και αμφιγονικής αναπαραγωγής;*
 - 1) Στην αμφιγονική αναπαραγωγή, τις γενετικές πληροφορίες για τη δημιουργία του νέου ατόμου συνεισφέρουν δύο γονείς διαφορετικού φύλου.
 - 2) Οι απόγονοι επομένως δεν είναι ακριβή αντίγραφα κανενός, αλλά προϊόν γενετικής συμβολής και των δύο.
- *Πώς προκύπτουν άτομα με τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων με αυτόν των γονέων στην αμφιγονική αναπαραγωγή;*
Οι απόγονοι έχουν καθορισμένο για το είδος τους αριθμό χρωμοσωμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται στους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς μέσα από δύο μηχανισμούς που δημιουργήθηκαν στη διάρκεια της εξέλιξης. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:
 - 1) η μείωση και
 - 2) η γονιμοποίηση.

- Ποιός είναι συνοπτικά ο ρόλος της μείωσης;

Διπλοειδή κύτταρα (2n) δίνουν απλοειδή κύτταρα (n).

Συγκεκριμένα με τη μείωση κάθε γονέας παράγει από διπλοειδή κύτταρα (2n) τους γαμέτες του, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή απλοειδή (n).

- Ποιός είναι συνοπτικά ο ρόλος της γονιμοποίησης;

Απλοειδές κύτταρο (n) + απλοειδές κύτταρο (n) δίνουν διπλοειδές κύτταρο (2n).

Συγκεκριμένα με τη γονιμοποίηση ο αρσενικός γαμέτης και ο θηλυκός γαμέτης συνενώνονται σε ένα νέο κύτταρο, το ζυγωτό, από το οποίο, με συνεχείς μιτωτικές διαιρέσεις, προκύπτει ο νέος οργανισμός.

Το κύτταρο αυτό είναι διπλοειδές και, κατ' επέκταση διπλοειδής είναι και ο νέος οργανισμός, αφού η συνένωση των απλοειδών γαμετών επαναφέρει τον αριθμό χρωμοσωμάτων στο κανονικό.

- Γιατί η μείωση είναι μηχανισμός δημιουργίας γενετικής ποικιλομορφίας;

Η μείωση δεν αποσκοπεί μόνο στην παραγωγή γαμετών που έχουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων. Επίσης παράγει γαμέτες που έχουν πάρει, από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων, υποχρεωτικά τη μία χρωματίδα, η οποία με το τέλος της μείωσης αντιστοιχεί σε ένα χρωμόσωμα. Έτσι, λόγω των διαφόρων συνδυασμών των χρωματίδων, δημιουργείται ποικιλομορφία γαμετών.

- Σε ποιά κατηγορία κυττάρων γίνεται η μείωση;

Η μείωση γίνεται σε μια ειδική κατηγορία διπλοειδών κυττάρων, που χαρακτηρίζονται ως άωρα γεννητικά κύτταρα.

- Ποιά είναι τα κυριότερα στάδια της μείωσης;

Μετά τον αυτοδιπλασιασμό του γενετικού υλικού (καθένα χρωμόσωμα αποτελείται από δύο χρωματίδες), στο κύτταρο που πρόκειται να υποστεί μείωση γίνονται δύο διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις. Καθεμιά από αυτές περιλαμβάνει μια διαίρεση του πυρήνα και μια διαίρεση του κυτταροπλάσματος.

- Τι συμβαίνει συνοπτικά στην πρώτη κυτταρική διαίρεση;

Από την πρώτη κυτταρική διαίρεση, που χαρακτηρίζεται ως 1η μειωτική διαίρεση ή μείωση I, παράγονται δύο κύτταρα. Είναι στο στάδιο το οποίο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία ποικιλομορφίας των γαμετών.

- Τι συμβαίνει συνοπτικά στην δεύτερη κυτταρική διαίρεση;

Καθένα από τα κύτταρα που δημιουργήθηκαν από την 1η μειωτική διαίρεση υφίσταται τη δεύτερη κυτταρική διαίρεση, που χαρακτηρίζεται ως 2η μειωτική διαίρεση ή μείωση II, με τελικό αποτέλεσμα την παραγωγή τεσσάρων γαμετών.

- Ποιές είναι οι διαφορές της μείωσης στον άνδρα και την γυναίκα;

Σε ό,τι αφορά τον άνθρωπο, και οι τέσσερις γαμέτες στον άνδρα, δηλαδή τα σπερματοζώαρια, είναι λειτουργικοί.

Αντίθετα στη γυναίκα ένας μόνο, δηλαδή το ωάριο, από τους τέσσερις γαμέτες είναι λειτουργικός.

Πρώτη μειωτική διαίρεση

- Ποιά είναι τα κύρια σημεία της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης;

α) στο τέλος της πρόφασης, τα ομόλογα χρωμοσώματα τοποθετούνται το ένα απέναντι στο άλλο, δηλ., συνάπτονται. Σ' αυτό το στάδιο γίνεται επιχιασμός μεταξύ των χρωματίδων των ομόλογων χρωμοσωμάτων.

β) στην αρχή της ανάφασης Ι, δεν διαιρούνται τα κεντρομερίδια και έτσι οι αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος παραμένουν ενωμένες,

γ) στο τέλος της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης σχηματίζονται δύο (2) θυγατρικά κύτταρα, που έχουν απλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων και το κάθε ένα κύτταρο έχει μία σειρά χρωμοσωμάτων, (δηλ., ένα χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος ομολόγων χρωμοσωμάτων) που είναι οργανωμένα σε δύο αδελφές χρωματίδες.

ΠΡΟΦΑΣΗ Ι

- Τι συμβαίνει κατά την πρόφαση Ι;

- 1) Είναι το μεγαλύτερο σε διάρκεια στάδιο της μείωσης.
- 2) Εμφανίζονται τα χρωμοσώματα
- 3) Λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της σύναψης,
- 4) Λαμβάνει χώρα το φαινόμενο του επιχιασμού (ορισμένες φορές).
- 5) Ο πυρηνικός φάκελος και ο πυρηνίσκος αποδιοργανώνονται.

- Ποιά είναι η μορφή του γενετικού υλικού κατά τη διάρκεια της πρόφασης Ι;
Εμφανίζονται τα χρωμοσώματα, χωρίς όμως να είναι δυνατή, στα αρχικά τουλάχιστον στάδια, η διάκριση των αδελφών χρωματίδων.

- Τι συμβαίνει κατά το φαινόμενο της σύναψης;

Τα ομόλογα χρωμοσώματα εγκαταλείπουν τις τυχαίες θέσεις που κατείχαν στο χώρο του πυρήνα, πλησιάζουν και τοποθετούνται το ένα απέναντι στο άλλο. Το φαινόμενο αυτό, που ονομάζεται σύναψη, γίνεται με εξαιρετική ακρίβεια, γιατί τα ομόλογα χρωμοσώματα στοιχίζονται έτσι, ώστε οι αντίστοιχοι γονιδιακοί τόποι (δηλ. οι θέσεις στις οποίες εδράζονται τα γονίδια που ελέγχουν το ίδιο γνώρισμα) να είναι ο ένας απέναντι στον άλλο.

- Τι συμβαίνει κατά το φαινόμενο του επιχιασμού;

Ορισμένες φορές, εξαιτίας της σύναψης, είναι δυνατό οι μη αδελφές χρωματίδες των ομόλογων χρωμοσωμάτων, που έχουν γίνει πια ορατές, να «μπερδευτούν» μεταξύ τους. Έτσι δημιουργούνται τα χαρακτηριστικά και ορατά από το οπτικό μικροσκόπιο χιάσματα, στα οποία οι χρωματίδες κόβονται και επανασυγκολλώνται, αφού όμως έχουν ανταλλάξει μεταξύ τους ομόλογα χρωμοσωμικά τμήματα.

- Ποιά είναι η σημασία της αποδιοργάνωσης του πυρηνικού φακέλου και του πυρηνίσκου;

Στο τέλος του σταδίου, όπως και στη μιτωτική πρόφαση, αποδιοργανώνεται ο πυρηνικός φάκελος και εξαφανίζεται ο πυρηνίσκος, ενώ αρχίζει ο σχηματισμός της ατράκτου και η μετακίνηση των ομόλογων χρωμοσωμάτων προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.

- Ποιά είναι η σημασία του επιχιασμού;

Το φαινόμενο του επιχιασμού δίνει τη δυνατότητα στα ομόλογα χρωμοσώματα να ανταλλάξουν μεταξύ τους γονίδια. Αυτό εξασφαλίζει γενετική ποικιλότητα στους οργανισμούς που αναπαράγονται με αμφιγονία.

- Ποιά είναι η σημασία της αποδιοργάνωσης του πυρηνικού φακέλου και του πυρηνίσκου;

Στο τέλος του σταδίου, όπως και στη μιτωτική πρόφαση, αποδιοργανώνεται ο πυρηνικός φάκελος και εξαφανίζεται ο πυρηνίσκος, ενώ αρχίζει ο σχηματισμός της ατράκτου και η μετακίνηση των ομόλογων χρωμοσωμάτων προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.

ΜΕΤΑΦΑΣΗ Ι

- Τι συμβαίνει κατά την μετάφαση Ι;

- 1) μετακίνηση χρωμοσωμάτων προς τον ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.
- 2) διάταξη χρωμοσωμάτων στο ισημερινό επίπεδο σε στοίχο ζευγών ομολόγων χρωμοσωμάτων και όχι τυχαία.
- 3) Κατά τη μετάφαση συνεχίζεται και ολοκληρώνεται η συμπύκνωση της χρωματίνης.
- 4) Η άτρακτος έχει πλέον οργανωθεί πλήρως.

- Πώς γίνεται η μετακίνηση των χρωμοσωμάτων κατά τη μετάφαση Ι;

Κατά τη διάρκειά της τα ζεύγη των ομόλογων χρωμοσωμάτων ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.

- Πώς διατάσσονται τα χρωμοσώματα κατά τη μετάφαση Ι;

Αντίθετα όμως με ό,τι συμβαίνει στη μιτωτική μετάφαση, επειδή το κάθε χρωμόσωμα τοποθετείται απέναντι στο ομόλογο του, ο στοίχος που δημιουργείται δεν είναι στοίχος μεμονωμένων χρωμοσωμάτων αλλά ζευγών ομολόγων χρωμοσωμάτων.

- Τι είναι το φαινόμενο του ανεξάρτητου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων;

Το φαινόμενο του ανεξάρτητου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων είναι ένας μηχανισμός αναδιανομής των γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά, μη ομόλογα, χρωμοσώματα.

- Ποιά είναι η σημασία της διάταξης των χρωμοσωμάτων για τον ανεξάρτητο συνδυασμό των χρωμοσωμάτων;

Επειδή στη συνέχεια κάθε χρωμόσωμα από τα μέλη κάθε ζευγαριού ομολόγων μπορεί να κατευθυνθεί είτε προς τον έναν είτε προς τον άλλο πόλο, είναι δυνατός ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών συνδυασμών.

ΑΝΑΦΑΣΗ Ι

- Ποιά είναι η σημαντική διαφορά της ανάφασης Ι της μείωσης με την μιτωτική ανάφαση;

Αντίθετα από τη μιτωτική ανάφαση, τα κεντρομερίδια δε διαιρούνται, με αποτέλεσμα να μη αποχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες. Αποχωρίζονται όμως τα μέλη κάθε ζεύγους ομολόγων χρωμοσωμάτων.

- Ποιο είναι το τελικό αποτέλεσμα της ανάφασης I;
Σχηματίζονται έτσι δύο πλήρεις απλοειδείς σειρές χρωμοσωμάτων, που απομακρύνονται κατευθυνόμενες προς τους αντίθετους πόλους.

ΤΕΛΟΦΑΣΗ I

- Πότε αρχίζει το στάδιο της τελόφασης I;
Όταν καθεμιά από τις δύο πλήρεις απλοειδείς σειρές χρωμοσωμάτων φτάσει στον πόλο του κυττάρου προς τον οποίο κατευθυνόταν, αρχίζει το τελικό στάδιο, η τελόφαση I.
- Ποιά είναι η ιδιαιτερότητα που εμφανίζει η τελόφαση I;
Τα περισσότερα κύτταρα, ταυτόχρονα με την τελόφαση I, προχωρούν στην κυτταροπλασματική διαίρεση.
- Ποιό είναι το τελικό αποτέλεσμα της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης;
Παράγονται δύο απλοειδή κύτταρα, στα οποία τα χρωμοσώματα αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στην περιοχή του κεντρομεριδίου.

Δεύτερη μειωτική διαίρεση

- Ποιά είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της δεύτερης μειωτικής διαίρεσης;
1) Την πρώτη μειωτική διαίρεση ακολουθεί η δεύτερη, χωρίς να μεσολαβεί αυτοδιπλασιασμός του γενετικού υλικού πριν από αυτήν.
2) Καθένα από τα δύο κύτταρα που προκύπτουν από την 1η μειωτική διαίρεση υφίσταται μια διαίρεση που έχει την ίδια ακολουθία γεγονότων με τη μίτωση.
- Ποιό είναι το τελικό αποτέλεσμα της 2^{ης} μειωτικής διαίρεσης;
Στο τέλος της έχουν παραχθεί τέσσερα απλοειδή κύτταρα (n), που έχουν το μισό της ποσότητας του γενετικού υλικού του αρχικού κυττάρου. Αυτό συμβαίνει, γιατί καθένα τους έχει πάρει τη μια αδελφή χρωματίδα από κάθε ζευγάρι ομόλογων χρωμοσωμάτων.

Η βιολογική σημασία της μείωσης

- Ποιά είναι η σημασία της μείωσης;
Η μείωση (σ' αντίθεση με τη μίτωση) είναι μια διαδικασία που ευνοεί την παραγωγή γενετικής ποικιλομορφίας στους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς.
- Ποιά είναι η σημασία της ποικιλομορφίας για την εξέλιξη;
Μερικοί από τους συνδυασμούς γονιδίων (άρα και γνωρισμάτων που επηρεάζονται από τα γονίδια αυτά) είναι επιτυχέστεροι απ' ό,τι άλλοι, με την έννοια ότι προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες επιβίωσης στο φορέα τους σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο μηχανισμός αυτός συμβάλλει στην εξέλιξη, γιατί κάθε πληθυσμός περνά στις επόμενες γενιές του πιο ευνοϊκούς συνδυασμούς γονιδίων και γνωρισμάτων.
- Πού οφείλεται η μεγάλη γενετική ποικιλομορφία των γαμετών;
Χάρη στους δύο μηχανισμούς της μείωσης:
1) τον ανεξάρτητο συνδυασμό των ομόλογων χρωμοσωμάτων, που συμβαίνει κατά την 1^η μειωτική διαίρεση και
2) τον επιχiasμό.

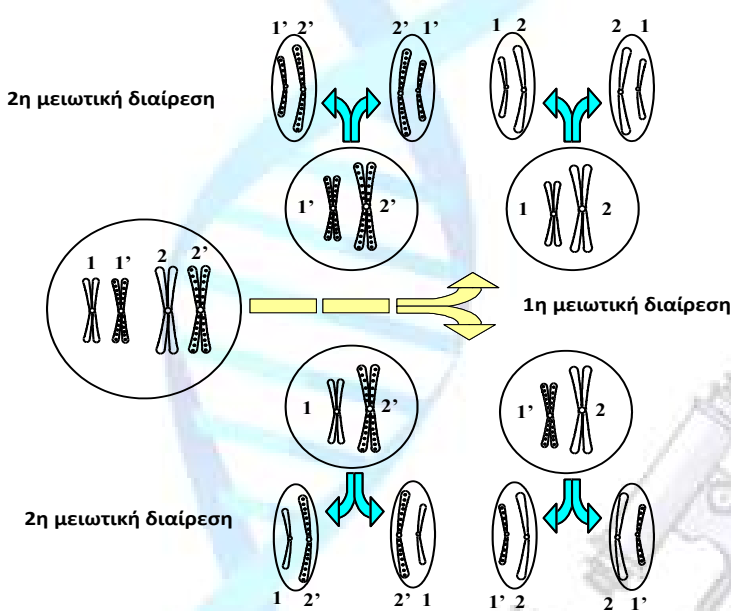
- Ποιός είναι ο αριθμός των δυνατών συνδυασμών των ομόλογων χρωμοσωμάτων;

Χάρη στον ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων δημιουργείται ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων και συνεπώς ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς γονιδίων, που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα.

Για 2 ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων (βλέπε εικόνα 2) έχουμε 2 πιθανές διαιρέσεις και επομένως 4 δυνατούς συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Γενικά για "n" ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, έχουμε 2^n δυνατούς συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων.

Έτσι το σύνολο των διαφορετικών συνδυασμών ομόλογων χρωμοσωμάτων που μπορούν να εμφανιστούν σε διαφορετικούς γαμέτες (απλοειδή κύτταρα) που θα προκύψουν από τη μείωση είναι: 2^n .

Αυτό για τον άνθρωπο σημαίνει ότι κάθε γονέας έχει καταθέσει σε κάθε γαμέτη του τον έναν από τους 2^{23} συνδυασμούς που μπορεί να παραγάγει.



Εικόνα 2:

Δυνατοί συνδυασμοί μη ομόλογων χρωμοσωμάτων κατά τη Μείωση. Τα κύρια στάδια της μειωτικής διαίρεσης ενός άωρου γεννητικού κυττάρου, που έχει δύο ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Όλη η διαδικασία περιλαμβάνει δύο διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις.

Στο τέλος της πρώτης μειωτικής διαίρεσης κάθε θυγατρικό κύτταρο περιλαμβάνει μία απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων τα οποία αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες. Στην πιο πάνω περίπτωση, για 2 ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων έχουμε 2 πιθανές διαιρέσεις και

επομένως 4 δυνατούς συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Γενικά για "n" ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, έχουμε 2^n δυνατούς συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων. (Για απλούστευση του σχήματος έχουν σχεδιασθεί μόνον οι πυρήνες των κυττάρων).

- Ποιά είναι η κύρια διαφορά μεταξύ του ανεξάρτητου συνδυασμού χρωμοσωμάτων και του επιχιασμού;

Ο ανεξάρτητος συνδυασμός χρωμοσωμάτων έχει ως αποτέλεσμα την αναδιανομή των γονιδίων που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα, ενώ με τον επιχιασμό επιτυγχάνεται ο ανασυνδυασμός γονιδίων που βρίσκονται στο ίδιο το ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων.

Κυτταρική διαίρεση στους προκαρυωτικούς οργανισμούς

- Ποιά είναι η μορφή του γενετικού υλικού ενός βακτηρίου; (βλέπε τεύχος Β')

Είναι ουσιαστικά ένα κυκλικό μόριο DNA, το οποίο αυτοδιπλασιάζεται πριν από τη διαίρεση του βακτηρίου.

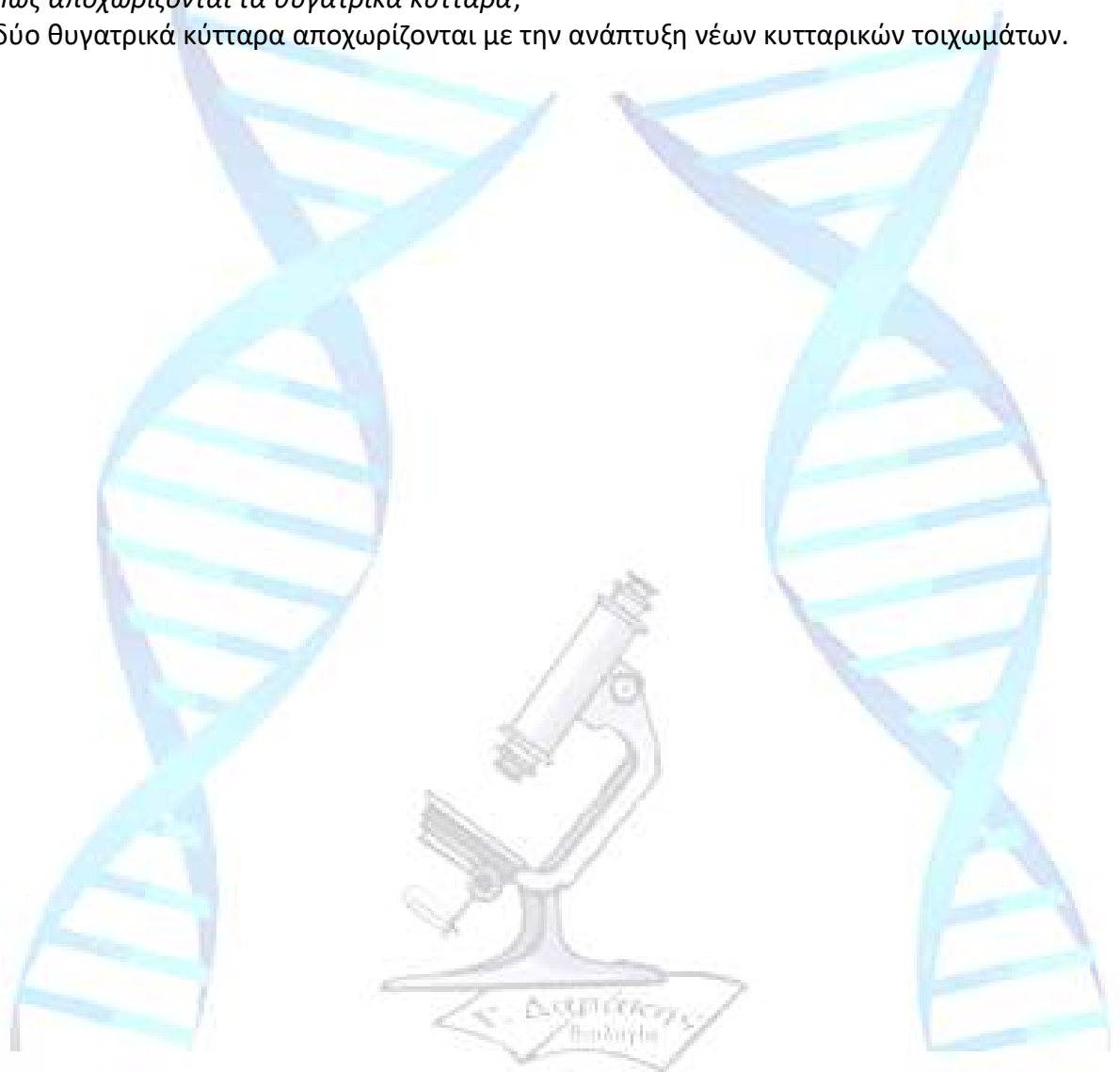
- Πώς γίνεται η διαίρεση του βακτηρίου;

- 1) Τα δύο «χρωμοσώματα» που προήλθαν από τον αυτοδιπλασιασμό του DNA μοιράζονται στα θυγατρικά κύτταρα με τη βοήθεια της κυτταρικής μεμβράνης, χωρίς τη δημιουργία α-τράκτου.

- 2) Τη διανομή του γενετικού υλικού ακολουθεί η διαίρεση του κυτταροπλάσματος.

- Πώς αποχωρίζονται τα θυγατρικά κύτταρα;

Τα δύο θυγατρικά κύτταρα αποχωρίζονται με την ανάπτυξη νέων κυτταρικών τοιχωμάτων.



Διαφορές μεταξύ μίτωσης και μείωσης;

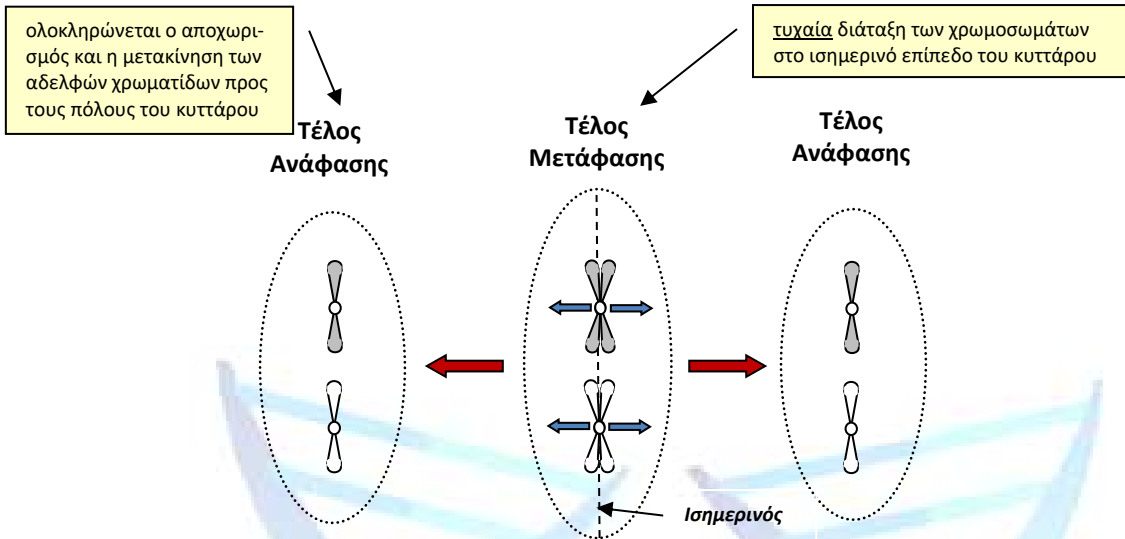
Μίτωση

- 1) Παράγονται 2 κύτταρα $2n$.
- 2) Την αντιγραφή του DNA την διαδέχεται μία πυρηνική διαίρεση
- 3) Κατά την μεσόφαση γίνεται αντιγραφή του DNA.
- 4) Κατά το τέλος της μετάφασης έχουμε τυχαία διάταξη των χρωμοσωμάτων στο ισημερινό επίπεδο.
- 5) Τα δύο κεντρομερίδια των αδελφών χρωματίδων προσανατολίζονται όταν διαταχθούν στον ισημερινό προς τους αντίθετους πόλους του κυττάρου.
- 6) Κατά την ανάφαση διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες.
- 7) Κατά κανόνα τα κύτταρα που προκύπτουν είναι γενετικά πανομοιότυπα με το μητρικό κύτταρο (όσον αφορά τα χρωμοσώματα).
- 8) Η διάρκεια της μίτωσης είναι μικρότερη από εκείνη της μείωσης. Σ' ένα τυπικό κύτταρο ο κυτταρικός κύκλος διαρκεί περίπου 20 ώρες. Η μίτωση διαρκεί μία ώρα, ενώ ο άλλος χρόνος καλύπτεται από την μεσόφαση.

Μείωση

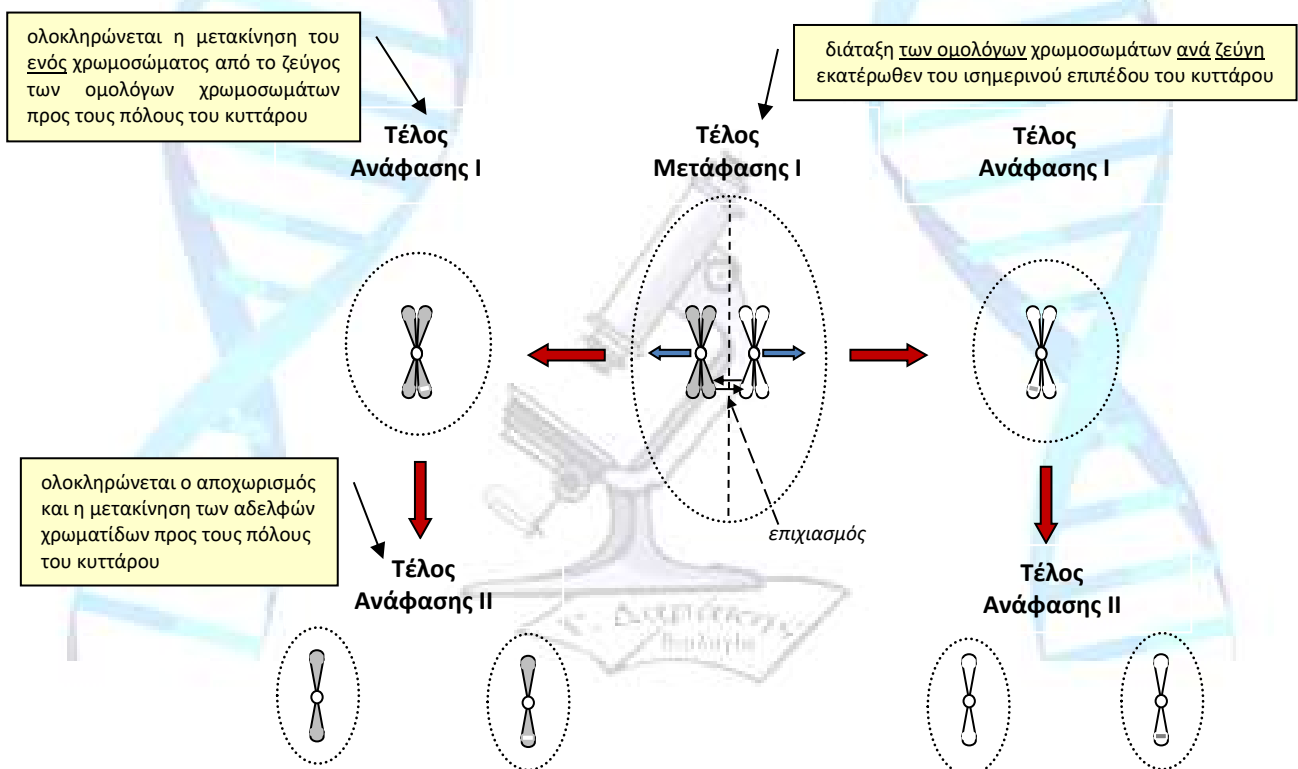
- 1) Παράγονται 4 κύτταρα n .
- 2) Την αντιγραφή του DNA διαδέχονται δύο πυρηνικές διαιρέσεις.
- 3) Κατά την μεσόφαση που ακολουθεί την πρώτη μειωτική διαίρεση, δεν γίνεται αντιγραφή του DNA.
- 4) Κατά το τέλος της μετάφασης της μείωσης I γίνεται διάταξη των ομολόγων χρωμοσωμάτων κατά τετράδες (2 χρωματίδες από κάθε ομόλογο χρωμόσωμα).
- 5) Τα δύο κεντρομερίδια των αδελφών χρωματίδων προσανατολίζονται, όταν διαταχθούν στον ισημερινό, προς τον ένα πόλο, ενώ τα άλλα δύο του ομόλογου χρωμοσώματος προσανατολίζονται προς τον αντίθετο πόλο.
- 6) Κατά την ανάφαση της μείωσης I δεν διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες.
- 7) Η μείωση με την διαδικασία του τυχαίου διαχωρισμού των χρωμοσωμάτων μητρικής και πατρικής προέλευσης και με τους επιχιασμούς, συντελεί στην ποικιλομορφία.
- 8) Η διάρκεια της μείωσης είναι μεγαλύτερη από εκείνη της μίτωσης. Συνήθως διαρκεί μέρες ή βδομάδες. (Από τις δύο πυρηνικές διαιρέσεις η πρώτη διαρκεί περισσότερο.)





Εικόνα 3.

Μιτωτική διαίρεση. Παρουσιάζονται τα κύρια σημεία της μίτωσης. Στην αρχή της μετάφασης κάθε χρωμόσωμα του αρχικού κυττάρου αποτελείται από 2 αδελφές χρωματίδες. Στο τέλος σε κάθε θυγατρικό κύτταρο τα χρωμοσώματα αποτελούνται από μία χρωματίδα η οποία στη συνέχεια αποσυσπειρώνεται και μετασχηματίζεται σε ινίδιο χρωματίνης.



Εικόνα 4.

Μειωτική διαίρεση. Παρουσιάζονται τα κύρια σημεία της μείωσης. Στο τέλος της πρώτης μειωτικής διαίρεσης κάθε θυγατρικό κύτταρο περιλαμβάνει μία απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων (ένα χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος ομολόγων χρωμοσωμάτων) τα οποία αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες. Στο τέλος της δεύτερης μειωτικής διαίρεσης κάθε θυγατρικό κύτταρο, που λέγεται γαμέτης, περιλαμβάνει μία απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων τα οποία αποτελούνται μόνο από μία χρωματίδα.