

Θέμα Α

A1. γ A2. β A3. γ A4. α A5 γ

Θέμα Β

B1α. Μετάφαση β. Ανάφαση γ. Πρόφαση δ. Τελόφαση ε. Πρόφαση στ. G2 ζ
Κυτταροπλασματική Διαίρεση

B2. Αν παραλείψουμε τα ενδιάμεσα στάδια της μίτωσης και εστιάσουμε την προσοχή μας μόνο στο αρχικό κύτταρο και στα δύο θυγατρικά του, τότε θα παρατηρήσουμε ότι 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. Η μίτωση δηλαδή είναι μια διαδικασία που ευνοεί τη γενετική σταθερότητα και για το λόγο αυτό άλλωστε αποτελεί τη διαδικασία με την οποία γίνεται:

- Η μονογονική αναπαραγωγή των μονοκύτταρων και των πολυκύτταρων ευκαρυωτικών οργανισμών (π.χ. η βλαστητική αναπαραγωγή των φυτών με παραφυάδες, οφθαλμούς κτλ.). Οι απόγονοι τους έχουν τον ίδιο αριθμό και το ίδιο είδος χρωμοσωμάτων με τους προγόνους τους.
- Η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών και η ανανέωση των κυττάρων τους. Τα κύτταρα που προστίθενται στον αναπτυσσόμενο οργανισμό, ή αντικαθιστούν κατεστραμμένα ή γηρασμένα, έχουν ίδιο αριθμό και είδος χρωμοσωμάτων με τα κύτταρα από τα οποία προήλθαν.

B3. Αν κάθε γονέας μεταβίβαζε στον απόγονο του τον ακριβή αριθμό χρωμοσωμάτων του, το νέο άτομο θα είχε το άθροισμα του αριθμού των χρωμοσωμάτων και των δύο, Ένας τέτοιος όμως απόγονος, ακόμη κι αν επιβίωνε, θα είχε διαφορετικό αριθμό χρωμοσωμάτων από αυτόν που είναι καθορισμένος για το είδος του.

Το πρόβλημα αυτό για τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς λύθηκε στη διάρκεια της εξέλιξης μέσα από δύο μηχανισμούς, τη μείωση και τη γονιμοποίηση.

Με τη μείωση κάθε γονέας παράγει τους γαμέτες του, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή απλοειδή. 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.

B4. Η έκφραση *in vivo* χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας βιολογικής διαδικασίας όταν αυτή πραγματοποιείται σε ένα ζωντανό οργανισμό. Ένα τυπικό *in vivo* παράδειγμα είναι η απόδειξη του ημισυντηρητικού μηχανισμού της αντιγραφής του DNA.

Η έκφραση *in vitro* χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας βιολογικής διαδικασίας όταν αυτή πραγματοποιείται στο δοκιμαστικό σωλήνα. Ένα τυπικό *in vitro* παράδειγμα είναι η ανάλυση των ενζύμων της αντιγραφής του DNA.

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη δημιουργία ενός κυττάρου ως τότε που και το ίδιο θα παράγει τους απογόνους του, ονομάζεται κυτταρικός κύκλος ή κύκλος

ζωής του κυττάρου. Τον κύκλο αυτό, αν και αποτελεί μια συνεχή διαδοχή γεγονότων, τον χωρίζουμε σε δύο φάσεις, στη μεσόφαση και στη μιτωτική διαίρεση ή μίτωση.

Θέμα Γ

Γ1α. Δύο μη ομόλογα χρωμοσώματα διαφέρουν (να αναφερθούν 5 από τα παρακάτω) στο μέγεθος, στο σχήμα, στη θέση του κεντρομεριδίου, στο μέγεθος των βραχιόνων, στο πρότυπο ζώνωσης, στις ιδιότητες που ελέγχουν, στα γονίδια που έχουν αλλά και στην αλληλουχία των βάσεων.

β. Δύο ομόλογα χρωμοσώματα διαφέρουν (Να αναφερθούν τρία από τα παρακάτω) στην προέλευσή τους (μητρική-πατρική), στον τρόπο με τον οποίον ελέγχουν τις ίδιες ιδιότητες, στα αλληλόμορφα γονίδια αλλά και στην αλληλουχία των βάσεων.

Γ2. α. Α: ένζυμο Β: υπόστρωμα Γ: Προϊόν 1 Δ: Προϊόν 2

β. Στην εικόνα φαίνονται οι ιδιότητες της εξειδίκευσης και του ότι τα ένζυμα παραμένουν αναλλοίωτα και δεν συμμετέχουν στην αντίδραση που καταλύουν.

γ. Παρατηρούμε ότι το σχήμα της δομής Α αλλάζει μετά από αλληλεπίδραση με το υπόστρωμα. Από αυτό συμπεραίνουμε πως η δομή Α αντιστοιχεί στην παγκρεατική λιπάση καθώς αυτό το ένζυμο μπορεί να καταλύει τις αντιδράσεις διάσπασης μιας σειράς διαφορετικών λιπιδίων, οπότε θα πρέπει το ενεργό κέντρο να αλλάζει σε δομή για να δεχθεί το κατάλληλο υπόστρωμα.

Γ3. Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο, όπως είναι τα προκαρυωτικά κύτταρα και οι γαμέτες των διπλοειδών οργανισμών, ονομάζονται απλοειδή. Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε δύο αντίγραφα, όπως είναι τα σωματικά κύτταρα των ανώτερων ευκαρυωτικών οργανισμών, ονομάζονται διπλοειδή. Εφόσον πρόκειται για καρυοτυπική ανάλυση, τα χρωμοσώματα είναι μεταφασικά, οπότε έχει προηγηθεί η αντιγραφή και είναι διπλασιασμένα. Τα 40 μόρια του πρώτου κυττάρου αντιστοιχούν σε 20 διπλασιασμένα χρωμοσώματα ενώ τα 34 μόρια DNA του δεύτερου κυττάρου σε 17 διπλασιασμένα χρωμοσώματα. Τα 17 χρωμοσώματα δεν μπορούν να οργανωθούν σε ζεύγη οπότε πρόκειται για απλοειδές κύτταρο. Τα χρωμοσώματα του κυττάρου Α μπορούν να οργανωθούν σε ζεύγη.

Εάν είναι ανά δύο μορφολογικά ίδια, τότε υπάρχουν ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων και το κύτταρο είναι διπλοειδές. Εάν είναι όλα ανόμοια μορφολογικά μεταξύ τους, τότε το γονιδίωμα βρίσκεται σε ένα αντίγραφο και πρόκειται για απλοειδές κύτταρο.

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. α. 64 χρωμοσώματα. Εφόσον ο γαμέτης έχει 31 χρωμοσώματα, συνολικά μαζί με το φυλετικό θα έχει 32, οπότε το σωματικό έχει τα διπλάσια, άρα 64.

β. 0 ινίδια χρωματίνης. Εφόσον έχει ξεκινήσει η περιέλιξη των ινιδίων χρωματίνης, έχουν αποκτήσει συσπείρωση άρα δεν είναι πια ινίδια.

γ. 256 αλυσίδες DNA. Στη μετάφαση έχουμε 64 διπλασιασμένα χρωμοσώματα, άρα 128 μόρια DNA, άρα 256 αλυσίδες DNA.

δ. 128 Μόρια DNA. Στην τελόφαση έχει ολοκληρωθεί η πυρηνική διαίρεση οπότε κάθε κύτταρο έχει δύο πυρήνες. Κάθε πυρήνας έχει 64 μόρια DNA, οπότε σύνολο 128 μόρια DNA.

ε. 128 χρωμοσώματα. Στην ανάφαση γίνεται η διαίρεση του κεντρομεριδίου οπότε κάθε χρωματίδα. Δ2. α. Σε μια κυκλική πολυνουκλετιδική αλυσίδα, κάθε νουκλεοτίδια ενώνεται με το επόμενο και το προηγούμενό του μέσω 3' - 5' ΦΔ. Επομένως δεν υπάρχουν 3' και 5' ελεύθερα άκρα.

Άρα ισχύει ότι $\Phi\Delta = \text{Νολ}$.

Σε ένα μιτοχόνδριο υπάρχουν 2-10 δίκλιωνα κυκλικά μόρια DNA. Επίσης

$$\text{Νολ} = 2 * \text{Μήκος} = 2 * 16600 = 33200$$

Άρα για το ελάχιστο ισχύει: $8 * 2 * 33200 = 531200$ και για το μέγιστο $8 * 10 * 33200 = 2656000$

β. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των νουκλεοτιδίων από τα οποία αποτελείται η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, το πρώτο της νουκλεοτίδιο έχει πάντα μία ελεύθερη φωσφορική ομάδα συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του και το τελευταίο νουκλεοτίδιο της έχει ελεύθερο το υδροξύλιο του 3' άνθρακα της πεντόζης του. Συνεπώς για κάθε δίκλιωνα γραμμικό μόριο ισχύει ότι $\Phi\Delta = \text{Νολ} - 2$. Όμως στη μετάφαση του ανθρώπου έχουμε 96 δίκλιωνα γραμμικά μόρια DNA. Επομένως, ισχύει ότι $\Phi\Delta = \text{Νολ} - 2 * 96$.

Το μήκος του DNA στο γαμέτη είναι $3 * 10^9$ ζ.β., οπότε στο σωματικό κύτταρο είναι $6 * 10^9$ ζ.β., ενώ μετά την αντιγραφή είναι $12 * 10^9$ ζ.β..

$$\text{Νολ} = 2 * \text{Μήκος} \text{ άρα το Νολ είναι } 24 * 10^9 \text{ ζ.β..}$$

$$\text{Συνεπώς, ισχύει ότι } \Phi\Delta = \text{Νολ} - 2 * 96 = 24 * 10^9 - 192 = 23999999808$$

Δ3. Κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από DNA μήκους 146 ζ.β. και ένα οκταμερές από ιστόνες. Επομένως, στο συγκεκριμένο ινίδιο χρωματίνης υπάρχουν $8880/8 = 1110$ νουκλεοσώματα.

Διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις:

A. Το ινίδιο να ξεκινάει και να τελειώνει με νουκλεόσωμα

$$\text{Ο τύπος είναι } \text{Νολ} = 1110 * 292 + (1110 - 1) * 200 = 545.920$$

$$\text{Μήκος} = \text{Νολ} / 2 = 545.920 / 2 = 272.960 \text{ ζ.β.}$$

B. Το ινίδιο να ξεκινάει και να τελειώνει με τμήμα DNA.

$$\text{Ο τύπος είναι } \text{Νολ} = 1110 * 292 + (1110 + 1) * 200 = 546.320$$

$$\text{Μήκος} = \text{Νολ} / 2 = 546.320 / 2 = 273.160 \text{ ζ.β.}$$

Γ. Το ινίδιο να ξεκινάει με νουκλεόσωμα και να τελειώνει με τμήμα DNA.

$$\text{Ο τύπος είναι } \text{Νολ} = 1110 * 292 + 1110 * 200 = 546.120$$

$$\text{Μήκος} = \text{Νολ} / 2 = 546.120 / 2 = 273.600 \text{ ζ.β.}$$