

Βιολογία κατεύθυνσης

Γ λυκείου

> ΘΕΜΑ

Ο προσδιορισμός ενός είδους πραγματοποιείται με κριτήρια φυσιολογικά, μορφολογικά και ηθολογικά. Στον προσδιορισμό του είδους συμβάλλει επίσης η μελέτη του καρυότυπου. Ένας φοιτητής Βιολογίας σκοπεύει να μελετήσει την κυτταρογενετική του διπλοειδούς είδους *Mus domesticus* (ποντικός των αγρών), στα σωματικά κύτταρα του οποίου παρατηρούνται 40 χρωμοσώματα.

- A.** Τι είδους κύτταρα του οργανισμού και σε ποια φάση του κυτταρικού κύκλου πρέπει να χρησιμοποιήσει ο φοιτητής ώστε να επιτύχει τη δημιουργία και τη μελέτη του καρυότυπου; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
- B.** Ποια υλικά (ουσίες ή διαλύματα) χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του καρυότυπου;
- Γ.** Ποιες πληροφορίες αντλούνται από τη μελέτη του καρυότυπου ενός οργανισμού;
- Δ.** Πόσες χρωματίδες, πόσα κεντρομερίδια, πόσοι βραχίονες και πόσα μόρια DNA υπάρχουν σε ένα φυσιολογικό κύτταρο ποντικού στη φάση που μελετάται;
- E.** Από χρωμόσωμα του καρυότυπου ενός φυσιολογικού ποντικού των αγρών απομονώθηκε και μελετήθηκε ως προς την ακολουθία βάσεων μόριο DNA μήκους $4 \cdot 10^6$ ζευγών αζωτούχων βάσεων.
- i) Πόσα άλλα μόρια DNA με όμοιο μήκος υπάρχουν στον καρυότυπο του ποντικού;
- ii) Πόσα από αυτά τα μόρια φέρουν την ίδια ακριβώς ακολουθία βάσεων με το μόριο που απομονώθηκε και μελετήθηκε;
- Ο καθορισμός του φύλου στους ποντικούς των αγρών συμβαίνει όπως στον άνθρωπο.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το είδος *Mus domesticus* είναι διπλοειδής οργανισμός, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι κάθε σωματικό του κύτταρο φέρει δύο φορές τη γενετική πληροφορία, οργανωμένη σε ζεύγη χρωμοσωμάτων.

A. Η μελέτη των χρωμοσωμάτων είναι δυνατή σε σωματικά κύτταρα τα οποία διαιρούνται. Τα κύτταρα αυτά μπορεί να προέρχονται είτε από ιστούς που διαιρούνται φυσιολογικά (π.χ. μυελός των οστών) είτε από κυτταροκαλλιέργειες, όπου γίνεται *in vitro* επαγωγή της διαίρεσης με ουσίες που έχουν μιτογόνο δράση.

Το γενετικό υλικό ενός ευκαρυωτικού κυττάρου εμφανίζεται με διαφορετικές χαρακτηριστικές μορφές ανάλογα με το στάδιο του κυτταρικού κύκλου. Κατά τη μεσόφαση το γενετικό υλικό έχει μικρό βαθμό συσπείρωσης και σχηματίζει δίκτυο ινιδίων χρωματίνης. Τα ινίδια χρωματίνης δεν είναι ορατά ως μεμονωμένες δομές με

το οπτικό μικροσκόπιο. Μετά το τέλος της αντιγραφής κάθε ινίδιο χρωματίνης έχει διπλασιαστεί. Τα δύο αντίγραφα κάθε ινιδίου συνδέονται μεταξύ τους με μια δομή που ονομάζεται κεντρομερίδιο. Ο όρος αδερφές χρωματίδες χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα κατά το χρονικό διάστημα που είναι συνδεδεμένα στο κεντρομερίδιο.

Στην κυτταρική διαίρεση οι αδερφές χρωματίδες συσπειρώνονται και κατά το στάδιο της μετάφασης αποκτούν το μέγιστο βαθμό συσπείρωσης. Στο στάδιο αυτό ο υψηλός βαθμός συσπείρωσης καθιστά τα μεταφασικά χρωμοσώματα ευδιάκριτα με το οπτικό μικροσκόπιο. Στη φάση αυτή τα χρωμοσώματα μπορούν να μελετηθούν και άρα είναι δυνατό να δημιουργηθεί ο καρυότυπος.

- Β.** Για τη δημιουργία του καρυότυπου χρησιμοποιούνται:
- ουσίες που έχουν μιτογόνο δράση, με τις οποίες γίνεται *in vitro* επαγωγή της μίτωσης.
 - ουσίες που σταματούν τη διαίρεση στη μετάφαση. Σε ένα πληθυσμό διαιρούμενων κυττάρων το ποσοστό αυτών που βρίσκονται στη μετάφαση είναι μικρό και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ουσίες οι οποίες σταματούν την κυτταρική διαίρεση στη φάση αυτή.
 - υποτονικό διάλυμα. Τα κύτταρα επωάζονται σε υποτονικό διάλυμα, ώστε να σπάσει η κυτταρική τους μεμβράνη, και τα χρωμοσώματα απλώνονται σε αντικειμενοφόρο πλάκα.
 - ειδικές χρωστικές ουσίες. Τα χρωμοσώματα χρωματίζονται με ειδικές χρωστικές ουσίες (π.χ. χρώση Giemsa) οι οποίες σχηματίζουν χαρακτηριστικές ζωνώσεις σε κάθε χρωμόσωμα και στη συνέχεια τα χρωμοσώματα παρατηρούνται στο μικροσκόπιο.
- Γ.** Ο καρυότυπος αποτελεί την απεικόνιση και ταξινόμηση των χρωμοσωμάτων ενός οργανισμού σε ζεύγη κατά ελαττούμενο μέγεθος. Ο αριθμός και η μορφολογία των χρωμοσωμάτων είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό κάθε είδους. Συνεπώς από τη μελέτη του καρυότυπου αντλούνται πληροφορίες σχετικές με:
- τον καθορισμό του είδους ως διπλοειδές ή απλοειδές, καθώς σε διπλοειδείς οργανισμούς παρατηρούνται ζεύγη χρωμοσωμάτων (τα χρωμοσώματα κάθε ζεύγους έχουν όμοιο μέγεθος και μορφολογία) ενώ στους απλοειδείς οργανισμούς δεν υπάρχουν ζεύγη χρωμοσωμάτων.
 - τον καθορισμό του φύλου του ατόμου, καθώς η ύπαρξη του Υ χρωμοσώματος καθορίζει το αρσενικό άτομο ενώ η απουσία του Υ το θηλυκό άτομο.
 - την πιθανή παρουσία χρωμοσωμικών ανωμαλιών (κυρίως αριθμητικές και σε μερικές περιπτώσεις και δομικές) στο άτομο που μελετάται (π.χ. στον άνθρωπο: σύνδρομο Down, Turner, Klinefelter.)
- Δ.** Τα μεταφασικά χρωμοσώματα που απεικονίζονται στον

καρυότυπο είναι διπλασιασμένα. Συνεπώς κάθε φυσιολογικό μεταφασικό χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδερφές χρωματίδες, οι οποίες συγκρατούνται στο κεντρομερίδιο. Το κεντρομερίδιο διαιρεί κάθε χρωματίδα σε δύο βραχίονες, ένα μεγάλο και ένα μικρό. Κάθε χρωματίδα αποτελείται από ένα μόριο DNA.

Ο ποντικός των αγρών είναι είδος που χαρακτηρίζεται από 40 χρωμοσώματα. Στη μετάφαση των σωματικών του κυττάρων παρατηρούνται ως εκ τούτου 40 χρωμοσώματα, καθένα από τα οποία αποτελείται από δύο αδερφές χρωματίδες, άρα υπάρχουν 80 χρωματίδες (ανά δύο είναι αδελφές χρωματίδες). Επίσης παρατηρούνται 40 κεντρομερίδια, καθένα από τα οποία συγκρατεί ενωμένες μεταξύ τους τις δύο αδερφές χρωματίδες ενός χρωμοσώματος. Κάθε χρωματίδα διαιρείται μέσω του κεντρομεριδίου σε δύο βραχίονες, ένα μεγάλο και ένα μικρό, άρα 160 βραχίονες διακρίνονται στις 80 χρωματίδες. Κάθε διαπλασιασμένο χρωμόσωμα αποτελείται από δύο μόρια DNA, οπότε σε κάθε σωματικό κύτταρο ποντικού που βρίσκεται στη μετάφαση υπάρχουν συνολικά 80 μόρια DNA.

E. Τα ζεύγη χρωμοσωμάτων των ανώτερων οργανισμών χαρακτηρίζονται από κοινή μορφολογία και μέγεθος. Εξαιρέση αποτελεί το ζεύγος των XY χρωμοσωμάτων στα αρσενικά άτομα, καθώς το X χρωμόσωμα είναι μεγαλύτερο από το Y.

i) Το μόριο DNA είναι δυνατό να απομονώθηκε από αυτοσωμικό χρωμόσωμα θηλυκού ή αρσενικού ατόμου ή από φυλετικό X χρωμόσωμα θηλυκού ατόμου. Στην περίπτωση αυτή, στον καρυότυπο του ατόμου υπάρχουν 3 ακόμη μόρια DNA όμοιου μεγέθους, ένα από την αδελφή χρωματίδα του εν λόγω χρωμοσώματος και δύο από το άλλο χρωμόσωμα του ζεύγους.

Το μόριο DNA είναι δυνατό να απομονώθηκε από φυλετικό X ή Y χρωμόσωμα αρσενικού ατόμου. Στην περίπτωση αυτή στον καρυότυπο του υπάρχει ένα μόνο μόριο όμοιου μεγέθους, εκείνο της αδελφής χρωματίδας του χρωμοσώματος από το οποίο απομονώθηκε το εν λόγω μόριο.

ii) Τα χρωμοσώματα ενός ζεύγους χρωμοσωμάτων έχουν διαφορετική προέλευση, καθώς το ένα προέρχεται από τη μητέρα και το άλλο από τον πατέρα. Το σύνολο της γενετικής πληροφορίας που περιέχεται σε κάθε χρωμόσωμα ενός γονέα είναι διαφορετικό. Συνεπώς σε κάθε περίπτωση υπάρχει ένα ακόμη μόριο DNA με την ίδια ακριβώς αλληλουχία βάσεων, εκείνο της αδελφής χρωματίδας του μεταφασικού χρωμοσώματος από το οποίο απομονώθηκε το προς μελέτη μόριο DNA.