

**ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**  
**ΘΕΜΑΤΑ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ**  
**2016**

**ΘΕΜΑ Α**

$A_1 \rightarrow \beta$ ,  $A_2 \rightarrow \gamma$ ,  $A_3 \rightarrow \gamma$ ,  $A_4 \rightarrow \alpha$ ,  $A_5 \rightarrow \delta$

**ΘΕΜΑ Β**

**B<sub>1</sub>:** Το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens*, το οποίο ζει στο έδαφος, διαθέτει τη φυσική ικανότητα να μολύνει φυτικά κύτταρα μεταφέροντας σ' αυτά ένα πλασμίδιο που ονομάζεται Ti (Ti = tumor inducing factor). Το πλασμίδιο Ti ενσωματώνεται στο γενετικό υλικό των φυτικών κυττάρων, και δημιουργεί εξογκώματα (όγκους) στο σώμα των φυτών. Οι ερευνητές, αφού απομόνωσαν το πλασμίδιο από το βακτήριο, κατόρθωσαν να απενεργοποιήσουν τα γονίδια που δημιουργούν τους όγκους τοποθετώντας στο πλασμίδιο το γονίδιο που θα προσδώσει στο φυτό μία επιθυμητή ιδιότητα. Το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο εισάγεται σε φυτικά κύτταρα που αναπτύσσονται σε ειδικές καλλιέργειες στο εργαστήριο. Τα τροποποιημένα αυτά φυτικά κύτταρα τελικά δίνουν ένα νέο φυτικό οργανισμό, που περιέχει και εκφράζει το ξένο γονίδιο. Τα διαγονιδιακά φυτά που δημιουργούνται έχουν την ικανότητα να μεταβιβάζουν τις νέες ιδιότητες στους απογόνους τους.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι στην φύση τα φυτικά κύτταρα στα οποία εντοπίζονται πλασμίδια είναι όσα είναι μολυσμένα με το πλασμίδιο Ti. Ακόμη η σύγχρονη γεωπονική βιοτεχνολογία επιτρέπει την δημιουργία διαγονιδιακών φυτών με την χρήση του πλασμιδίου Ti. Επομένως και σε ένα διαγονιδιακό φυτό εντοπίζεται το πλασμίδιο Ti.

**B<sub>2</sub>:** 1  $\rightarrow$  E, 2  $\rightarrow$  Δ, 3  $\rightarrow$  A, 4  $\rightarrow$  B

**B<sub>3</sub>:** Οι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο διπλασιασμού και κατά συνέπεια το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, το pH, το O<sub>2</sub> και η θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται άριστα σε θερμοκρασία 20-45°C. Για παράδειγμα, η *Escherichia coli*, που χρησιμοποιείται σε πειράματα Μοριακής Βιολογίας, αναπτύσσεται άριστα σε θερμοκρασία 37°C. Υπάρχουν όμως ορισμένοι που για την ανάπτυξή τους απαιτούν θερμοκρασία μεγαλύτερη από 45°C, όπως αυτοί που αναπτύσσονται κοντά σε θερμοπηγές, και άλλοι που αναπτύσσονται σε θερμοκρασία μικρότερη των 20° C.

**B<sub>4</sub>:** Υπάρχουν όμως περιπτώσεις στις οποίες στα ετερόζυγο άτομα εκφράζονται και τα δύο αλληλόμορφα στο φαινότυπο. Στην περίπτωση αυτή τα γονίδια ονομάζονται συνεπικρατή. Δύο από τα αλληλόμορφα του γονιδίου που καθορίζει τον τύπο των ομάδων αίματος ABO του ανθρώπου είναι συνεπικρατή. Τα άτομα με ομάδα αίματος A έχουν στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων τους αντιγόνο τύπου A. Άτομα ομάδας

αίματος Β έχουν αντιγόνο Β. Ένα άτομο ομάδας αίματος ΑΒ έχει αντιγόνα Α και Β, ενώ ένα άτομο ομάδας αίματος Ο δεν έχει κανένα αντιγόνο.

Το γονίδιο I, που καθορίζει τις ομάδες αίματος, έχει τρία αλληλόμορφα. Τα  $I^A$  και  $I^B$  κωδικοποιούν τα ένζυμα που σχηματίζουν τα Α και Β αντιγόνα αντίστοιχα, ενώ το  $i$  δεν κωδικοποιεί κάποιο ένζυμο. Τα  $I_A$  και  $I_B$  είναι συνεπικρατή, ενώ το  $i$  είναι υπολειπόμενο. Άτομα ομάδας Α έχουν γονότυπο,  $I^A I^A$  ή  $I^A i$ . Άτομα ομάδας Β έχουν γονότυπο  $I^B I^B$  ή  $I^B i$ , ενώ άτομα ΑΒ έχουν  $I^A I^B$ . Τα άτομα ομάδας Ο είναι  $ii$ .

Ο οργανισμός μας είναι ικανός να παράγει αντισώματα εναντίον κάθε ξένου αντιγόνου. Στην πραγματικότητα, ένα αντίσωμα αναγνωρίζει μόνο μία περιοχή του αντιγόνου, η οποία ονομάζεται αντιγονικός καθοριστής. Ένα μεγάλο αντιγόνο, π.χ. ένας μικροοργανισμός, έχει πολλούς αντιγονικούς καθοριστές γι' αυτό παράγονται πολλά είδη αντισωμάτων εναντίον του.

Κάθε είδος αντισώματος που αναγνωρίζει έναν αντιγονικό καθοριστή παράγεται από μια ομάδα όμοιων Β-λεμφοκυττάρων, που αποτελούν έναν κλώνο. Τα αντισώματα που παράγονται από έναν κλώνο Β-λεμφοκυττάρων ονομάζονται μονοκλωνικά.

Τα μονοκλωνικά αντισώματα είναι πολύ σημαντικά στην Ιατρική και χρησιμοποιούνται ως διαγνωστικά για την ανίχνευση ασθενειών ή ως εξειδικευμένα φάρμακα εναντίον παθογόνων μικροοργανισμών ή ακόμη εναντίον καρκινικών κυττάρων.

Τα μονοκλωνικά αντισώματα επειδή αναγνωρίζουν ειδικά έναν αντιγονικό καθοριστή, είναι πολύ χρήσιμα ως ανοσοδιαγνωστικά.

Τα αντισώματα θα συνεισφέρουν σημαντικά στην αύξηση της ευαισθησίας κλινικών δοκιμασιών όπως η τυποποίηση (προσδιορισμός) των ομάδων αίματος.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, για την ταυτοποίηση των ομάδων αίματος με το σύστημα ΑΒΟ, με την χρήση μονοκλωνικών αντισωμάτων θα πρέπει στο διαγνωστικό έλεγχο να χρησιμοποιηθούν δυο διαφορετικά είδη αντισωμάτων, αυτά που χαρακτηρίζονται ως αντί – Α και αυτά που χαρακτηρίζονται ως αντί – Β. Τα πρώτα αναγνωρίζουν και συνδέονται με το αντιγόνο Α και τα δεύτερα με το αντιγόνο Β, των ερυθροκυττάρων μας.

**Β5: α. Μετασχηματισμός:** Η γενετική αλλαγή των ιδιοτήτων ενός βακτηριακού κυττάρου μετά από εισαγωγή DNA στο γονιδίωμά του.

- *in vivo*: Τα πειράματα του Griffith έδειξαν ότι ένας "ειδικός παράγοντας" που υπάρχει στα παθογόνα βακτήρια μετασχηματίζει τα μη παθογόνα σε παθογόνα ακόμη και αν τα παθογόνα βακτήρια έχουν σκοτωθεί λόγω θέρμανσης.

Τα πλασμίδια έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό τόσο μεταξύ τους όσο και με το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου, καθώς και να μεταφέρονται από ένα βακτήριο σε άλλο. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζουν το βακτήριο στο οποίο εισέρχονται και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες.

- *in vitro*: Για να μπει ένα πλασμίδιο μέσα στο βακτήριο, τα τοιχώματα του βακτηρίου γίνονται παροδικά διαπερατά σε μακρομόρια, μετά από κατάλληλη κατεργασία (μετασχηματισμός).

**β.** Η τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA, έχει ως στόχο την απομόνωση και τον πολλαπλασιασμό ειδικών αλληλουχιών DNA μετά από ενσωμάτωση τους σε μόρια φορείς. Τα ανασυνδυασμένα μόρια που προκύπτουν εισάγονται σε βακτήρια *E. coli*

και πολλαπλασιάζονται. Έτσι προκύπτουν οι DNA βιβλιοθήκες, όπως είναι και η γονιδιωματική βιβλιοθήκη.

**Γονιδιωματική βιβλιοθήκη:** Συλλογή κλωνοποιημένων τμημάτων DNA, που αντιπροσωπεύουν ολόκληρο το γονιδίωμα (γονιδιωματική βιβλιοθήκη). Αλλιώς, το σύνολο των βακτηριακών κλώνων που περιέχει το συνολικό DNA του οργανισμού δότη, αποτελεί μία γονιδιωματική βιβλιοθήκη.

Οι γονιδιωματικές βιβλιοθήκες κατασκευάζονται μετά από κόψιμο του ολικού DNA ενός οργανισμού με περιοριστικές ενδονουκλεάσες, ενσωμάτωση των κομματιών με μόρια φορείς όπως πλασμίδια ή φάγους και εισαγωγή τους, μετά από μετασχηματισμό, σε βακτήρια *E. coli*. Κάθε βακτήριο περιέχει ένα μόνο τμήμα DNA και δίνει γένεση σε έναν κλώνο. Η διαδικασία ονομάζεται κλωνοποίηση. Κάθε γονιδιωματική βιβλιοθήκη αποτελείται από χιλιάδες κλώνους που αντιπροσωπεύουν όλο το γονιδίωμα του οργανισμού. Ένα συγκεκριμένο τμήμα DNA ή γονίδιο επιλέγεται με τη βοήθεια DNA ανιχνευτών.

## ΘΕΜΑ Γ

Γ<sub>1</sub>: Σωστή απάντηση είναι η δ.

Αιτιολόγηση: Οι γαμέτες των ανώτερων οργανισμών, που είναι απλοειδείς, περιέχουν τη μισή ποσότητα DNA από τα σωματικά κύτταρα, που είναι διπλοειδή. Αν παρατηρήσουμε το γενετικό υλικό ενός ευκαρυωτικού κυττάρου, βλέπουμε ότι 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. Κατά συνέπεια τα ινίδια χρωματίνης δεν είναι ορατά ως μεμονωμένες δομές με το οπτικό μικροσκόπιο. Με το τέλος της αντιγραφής κάθε ινίδιο χρωματίνης έχει διπλασιαστεί. Τα δύο αντίγραφα κάθε ινιδίου συνδέονται μεταξύ τους με μία δομή που ονομάζεται κεντρομερίδιο.

Ο όρος αδελφές χρωματίδες χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα κατά το χρονικό διάστημα που είναι συνδεδεμένα στο κεντρομερίδιο. Στην κυτταρική διαίρεση οι αδελφές χρωματίδες συσπειρώνονται και, κατά το στάδιο της μετάφασης, αποκτούν μέγιστο βαθμό συσπείρωσης. Στο στάδιο αυτό ο υψηλός βαθμός συσπείρωσης καθιστά τα μεταφασικά χρωμοσώματα ευδιάκριτα και έτσι είναι εύκολο να παρατηρηθούν με το οπτικό μικροσκόπιο. Στο τέλος της κυτταρικής διαίρεσης προκύπτουν δύο νέα κύτταρα, γενετικά όμοια μεταξύ τους και με το αρχικό, αφού το καθένα περιέχει τη μία από τις δύο «πρώην» αδελφές χρωματίδες από κάθε χρωμόσωμα.

Το γενετικό υλικό ενός κυττάρου αποτελεί το γονιδίωμά του. 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. Στα ευκαρυωτικά

κύτταρα το γενετικό υλικό κατανέμεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, το μήκος του ολικού γενετικού υλικού κάθε φυσιολογικού γαμέτη, του κουνελιού που μας δίνεται στο ερώτημα, θα είναι λίγο μεγαλύτερο από 0,4m. Όπου 0,4m, θα είναι το ολικό μήκος του DNA του πυρήνα του και το υπόλοιπο θα είναι το μιτοχονδριακό DNA (mt DNA) των μιτοχονδρίων του.

**Γ<sub>2</sub>:** Ο αριθμός και η μορφολογία των χρωμοσωμάτων είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό κάθε είδους. Στον άνθρωπο τα φυσιολογικά αρσενικά και θηλυκά άτομα έχουν στον πυρήνα των σωματικών τους κυττάρων 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Το ένα χρωμόσωμα κάθε ζεύγους είναι πατρικής και το άλλο μητρικής προέλευσης και ελέγχουν τις ίδιες ιδιότητες. Από τα 23 ζεύγη τα 22 είναι μορφολογικά ίδια στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα και ονομάζονται αυτοσωμικά χρωμοσώματα. Το 23ο ζεύγος στα θηλυκά άτομα αποτελείται από δύο X χρωμοσώματα, ενώ στα αρσενικά από ένα X και ένα Y χρωμόσωμα. Το Y χρωμόσωμα είναι μικρότερο σε μέγεθος από το X. Τα χρωμοσώματα αυτά ονομάζονται φυλετικά και σε πολλούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθορίζουν το φύλο. Στον άνθρωπο, όπως και στα κουνέλια (σύμφωνα με την εκφώνηση του ερωτήματος) η παρουσία του Y χρωμοσώματος καθορίζει το αρσενικό άτομο, ενώ η απουσία του το θηλυκό άτομο.

Αναλογικά λοιπόν για το κουνέλι έχουμε:

Γαμέτες ♂ ατόμου  $22 + x$  ή  $22 + y$  } όπου  $y < x$   
 Γαμέτες ♀ ατόμου  $100\% 22 + x$  }

Χωρίς να λάβουμε υπόψη το mtDNA ή θεωρώντας ότι σε κάθε γαμέτη ♂ ή ♀ το πλήθος του mtDNA είναι ίδιο.

**Γ<sub>3</sub>: i)** Η αλληλουχία των βάσεων της ΚΩΔΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ των 2 γονιδίων που αντιστοιχούν στις 5' αμετάφραστες περιοχές\* των μορίων mRNA που προκύπτουν από τη μεταγραφή τους:

Γονίδιο 1<sup>ο</sup> (πάνω κωδική): 5' AM\*: 5' GGTTCCTTACGACC 3'

Γονίδιο 2<sup>ο</sup> (κάτω κωδική): 5' AM: 5' ATACGTTACC 3'

Αιτιολόγηση: Τα βασικά χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα είναι:

1. Ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας, δηλαδή μια τριάδα νουκλεοτιδίων, το κωδικόνιο, κωδικοποιεί ένα αμινοξύ.
2. Ο γενετικός κώδικας είναι συνεχής, δηλαδή το mRNA διαβάζεται συνεχώς ανά τρία νουκλεοτίδια χωρίς να παραλείπεται κάποιο νουκλεοτίδιο.
3. Ο γενετικός κώδικας είναι μη επικαλυπτόμενος, δηλαδή κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει σε ένα μόνο κωδικόνιο.
4. Ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός. Όλοι οι οργανισμοί έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το mRNA από οποιονδήποτε οργανισμό μπορεί να μεταφραστεί σε εκχυλίσματα φυτικών, ζωικών ή βακτηριακών κυττάρων *in vitro* και να παραγάγει την ίδια πρωτεΐνη.
5. Ο γενετικός κώδικας χαρακτηρίζεται ως εκφυλισμένος. Με εξαίρεση δύο αμινοξέα (μεθειονίνη και τρυπτοφάνη) τα υπόλοιπα 18 κωδικοποιούνται από δύο μέχρι και έξι διαφορετικά κωδικόνια. Τα κωδικόνια που κωδικοποιούν το ίδιο αμινοξύ ονομάζονται συνώνυμα.



Η RNA πολυμεράση θα συνδεθεί στη θέση Γ (Υποκινητής Γ του 2<sup>ου</sup> γονιδίου) όταν μεταγραφεί το γονίδιο 2.

Αιτιολόγηση: Η RNA πολυμεράση προσδένεται σε ειδικές περιοχές του DNA, που ονομάζονται υποκινητές, με τη βοήθεια πρωτεϊνών που ονομάζονται μεταγραφικοί παράγοντες. Οι υποκινητές και οι μεταγραφικοί παράγοντες αποτελούν τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής του DNA και επιτρέπουν στην RNA πολυμεράση να αρχίσει σωστά τη μεταγραφή. Οι υποκινητές βρίσκονται πάντοτε πριν από την αρχή κάθε γονιδίου.

**Γ<sub>4</sub>:** Στην άσκηση μελετάται ένας χαρακτήρας ενός είδους εντόμου και συγκεκριμένα το μήκος των κεραιών του. Άρα πρόκειται για άσκηση μονοϋβριδισμού.

Από τα δεδομένα της άσκησης γνωρίζουμε ότι από τη διασταύρωση δύο εντόμων αντίθετου φύλου με ενδιάμεσο μήκος κεραιών το καθένα προέκυψαν στην πρώτη θυγατρική γενεά (F<sub>1</sub> γενεά) 161 άτομα με ενδιάμεσου μήκους κεραιές και 79 άτομα με κεραιές κανονικού μήκους. Σε μία άλλη διασταύρωση δυο ατόμων του ίδιου είδους εντόμου με αντίθετο φύλο, που το ένα είχε κεραιές ενδιάμεσου μήκους και το άλλο άτομο είχε κεραιές κανονικού μήκους, προέκυψαν στην F<sub>1</sub> γενεά 121 άτομα με κεραιές κανονικού μήκους και 119 άτομα με κεραιές ενδιάμεσου μήκους.

Παρατηρούμε ότι στην πρώτη περιγραφείσα διασταύρωση, η αναλογία των απογόνων είναι 2 : 1 και στη δεύτερη περιγραφείσα διασταύρωση, η αναλογία των απογόνων είναι 1 : 1.

Η αναλογία 2 : 1 είναι χαρακτηριστική στην περίπτωση διασταυρώσεων μονοϋβριδισμού με ύπαρξη εμβρυακού θνησιγόνου αλληλόμορφου, όταν ο χαρακτήρας ελέγχεται από ένα γενετικό τόπο αυτοσωμικού ζεύγους ομόλογων χρωμοσωμάτων με δύο αλληλόμορφα με σχέση ατελούς επικρατείας μεταξύ τους ή με σχέση επικρατείας-υποτέλειας μεταξύ τους.

Στην περίπτωση που τα αλληλόμορφα είναι ατελώς επικρατή, γεγονός που συνηγορεί στο ότι κάποια ακόμα φέρουν κεραιές ενδιάμεσου μήκους, ο ένας από τους τρεις πιθανούς γονότυπους χάνεται καθώς το ένα αλληλόμορφο σε ομόζυγη κατάσταση είναι εμβρυακό θνησιγόνο.

Στην περίπτωση που τα αλληλόμορφα έχουν σχέση επικρατείας-υποτέλειας και πάλι ο ένας από τους δύο ομόζυγους γονότυπους αποτελεί εμβρυακό θνησιγόνο και οδηγεί σε πρόωρο τερματισμό της κύησης.

Έστω λοιπόν ο γενετικός τόπος ζεύγους ομόλογων αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων-αν ήταν φυλοσύνδετος θα έπρεπε στην άσκηση να μας δίνει αναλογίες φύλων ♀ και ♂ στους απογόνους- στον οποίο εδράζεται το γονίδιο A με αλληλόμορφα A<sup>1</sup> και A<sup>2</sup> τα οποία έχουν μεταξύ τους σχέση ατελούς επικρατείας, δηλαδή άτομα με γονότυπο A<sup>1</sup>A<sup>1</sup> έχουν κανονικό μέγεθος κεραιών, άτομα με γονότυπο A<sup>1</sup>A<sup>2</sup> έχουν ενδιάμεσο μέγεθος κεραιών και έμβρυα με γονότυπο A<sup>2</sup>A<sup>2</sup> έχουν άγνωστο γονότυπο καθώς αυτός οδηγεί σε θάνατο πριν τη γέννηση. Προφανώς το αλληλόμορφο A<sup>1</sup> ελέγχει το κανονικό μήκος κεραιών στα έντομα αυτού του είδους και το A<sup>2</sup> ελέγχει ένα διαφορετικό φαινότυπο.

Σε αυτή την περίπτωση έχουμε τις διασταυρώσεις:

P<sub>1</sub>: [ενδιάμεσες κεραιές] x [ενδιάμεσες κεραιές]

A<sup>1</sup>A<sup>2</sup> x A<sup>1</sup>A<sup>2</sup>  
 γαμέτες\*: A<sup>1</sup>,A<sup>2</sup> / A<sup>1</sup>,A<sup>2</sup>

F<sub>1</sub>\*\*:

↖	A <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>
A <sup>1</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>1</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>2</sup>
A <sup>2</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	<del>A<sup>2</sup>A<sup>2</sup></del>

Γονοτυπική αναλογία F<sub>1</sub> γενεάς: A<sup>1</sup>A<sup>1</sup> : 2A<sup>1</sup>A<sup>2</sup> : ~~A<sup>2</sup>A<sup>2</sup>~~

Φαινοτυπική αναλογία F<sub>1</sub> : 1 [κανονικές] : 2 [ενδιάμεσες]

και στην άλλη διασταύρωση έχουμε:

P<sub>2</sub>: [ενδιάμεσες κεραιές] x [κανονικές]  
 A<sup>1</sup>A<sup>2</sup> x A<sup>1</sup>A<sup>1</sup>  
 γαμέτες\*: A<sup>1</sup>,A<sup>2</sup> / 100% A<sup>1</sup>

F<sub>1</sub>\*\*:

↖	A <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>
A <sup>1</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>1</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>2</sup>
A <sup>1</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>1</sup>	A <sup>1</sup> A <sup>2</sup>

Γονοτυπική αναλογία F<sub>1</sub>: A<sup>1</sup>A<sup>1</sup> : A<sup>1</sup>A<sup>2</sup>

Φαινοτυπική αναλογία F<sub>1</sub> : 1 [κανονικές] : 1 [ενδιάμεσες]

Άρα τα αποτελέσματα των διασταυρώσεων επαληθεύουν την υπόθεσή μας, επομένως αυτή είναι ορθή.

Στην περίπτωση τώρα που τα αλληλόμορφα είχαν σχέση επικρατείας-υποτέλειας έχουμε:

Έστω ο γενετικός τόπος ζεύγους ομόλογων αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων στον οποίο εδράζεται το γονίδιο A με δύο αλληλόμορφα, το A και το a. Το A είναι επικρατές του A ως προς το χαρακτήρα και το a είναι επικρατές του A ως προς τη βιωσιμότητα. Δηλαδή το αλληλόμορφο A είναι υπεύθυνο για τον ενδιάμεσο φαινότυπο των κεραιών του είδους αυτού των εντόμων και το a είναι υπεύθυνο για το κανονικό μήκος κεραιών, δηλαδή άτομα με γονότυπο Aa έχουν ενδιάμεσου μήκους κεραιές και θα επιζήσουν επειδή φέρουν το a. Άτομα με γονότυπο aa έχουν κανονικού μήκους κεραιές και επιζούν, ενώ ακόμα με γονότυπο AA δεν επιζούν μέχρι τη γέννηση και αποβάλλονται.

Έχουμε λοιπόν τις διασταυρώσεις:

P<sub>2</sub>: [ενδιάμεσες] x [ενδιάμεσες]

Αα x Αα  
 γαμέτες\*: Α,α / Α,α

F<sub>1</sub>\*\*:

	A	α
A	<del>AA</del>	Aα
α	Aα	αα

Γονοτυπική αναλογία F<sub>1</sub>: ~~AA~~ : 2Αα : αα

Φαινοτυπική αναλογία F<sub>1</sub> : 2 [ενδιάμεσες] : 1 [κανονικές]

και:

P<sub>2</sub>: [ενδιάμεσες] x [κανονικές]

Αα x αα  
 γαμέτες\*: Α,α / α,α

F<sub>1</sub>:

	A	α
α	Aα	αα
α	Aα	αα

Γονοτυπική αναλογία F<sub>1</sub>: Αα : αα

Φαινοτυπική αναλογία F<sub>1</sub> : [ενδιάμεσες] : [κανονικές]

Οι διασταυρώσεις επαληθεύουν και αυτή την υπόθεση, οπότε είναι ορθή και αυτή η υπόθεση.

\* Σε κάθε διασταύρωση από τις παραπάνω, οι γαμέτες των ατόμων που διασταυρώνονται προκύπτουν σύμφωνα με τον 1<sup>ο</sup> νόμο του Mendel, το νόμο του διαχωρισμού των αλληλόμορφων σύμφωνα με τον οποίο, κατά τη μείωση διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα και τα γονίδια που βρίσκονται σ' αυτά και σχηματίζονται οι γαμέτες. Στη γονιμοποίηση γίνεται ελεύθερος συνδυασμός των αλληλομόρφων γονιδίων.

\*\* Σε κάθε διασταύρωση από τις παραπάνω, οι αναλογίες των απογόνων της F<sub>1</sub> γενεάς προκύπτουν σύμφωνα με το αβάκιο του Punnett, που αποτελεί την διαγραμματική απεικόνιση των γαμετών και του τρόπου συνδυασμού τους σε μία διασταύρωση.

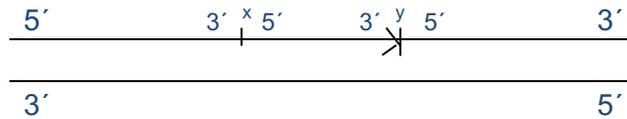
Σε κάθε περίπτωση θεωρούμε ότι το δείγμα είναι στατιστικώς αξιόπιστο και ότι δεν μελετάμε καινοφανείς μεταλλάξεις.

## ΘΕΜΑ Δ

Δ<sub>1</sub>: Ένζυμο I = DNA πολυμεράση

Ένζυμο II = DNA δεσμάση

Τα άκρα 5' και 3' των δύο αλυσίδων του δοθέντος τμήματος DNA είναι:



**Εξήγηση:** Το *E.coli* είναι βακτήριο και συνεπώς το γενετικό υλικό του, τόσο το κυρίως μόριο όσο και κάποιο πλασμίδιο του, είναι ένα κυκλικό μόριο DNA. Όμως ένα τμήμα αυτού του DNA του είτε του χρωμοσωμικού του είτε του πλασμιδίου του είναι γραμμικό.

Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων με ομοιοπολικό δεσμό. Ο δεσμός αυτός δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου νουκλεοτιδίου. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται 3'-5' φωσφοδιεστερικός δεσμός. Με τον τρόπο αυτό η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που δημιουργείται έχει ένα σκελετό, που αποτελείται από επανάληψη των μορίων φωσφορική ομάδα-πεντόζη-φωσφορική ομάδα-πεντόζη. 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. Για το λόγο αυτό αναφέρεται ότι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι 5'→3'.

Οι δύο αλυσίδες είναι αντιπαράλληλες, δηλαδή το 3' άκρο της μίας είναι απέναντι από το 5' άκρο της άλλης.

Οι DNA πολυμεράσες λειτουργούν μόνο προς καθορισμένη κατεύθυνση και τοποθετούν τα νουκλεοτίδια στο ελεύθερο 3' άκρο της δεοξυριβόζης του τελευταίου νουκλεοτιδίου κάθε αναπτυσσόμενης αλυσίδας. Έτσι, λέμε ότι αντιγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' προς 3'. Κάθε νεοσυντιθέμενη αλυσίδα θα έχει προσανατολισμό 5'→3'. Έτσι, σε κάθε διπλή έλικα που παράγεται οι δύο αλυσίδες θα είναι αντιπαράλληλες. Για να ακολουθηθεί αυτός ο κανόνας σε κάθε τμήμα DNA που γίνεται η αντιγραφή, η σύνθεση του DNA είναι συνεχής στη μια αλυσίδα και ασυνεχής στην άλλη. Τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός ενζύμου, που ονομάζεται DNA δεσμάση.

Τα λάθη που δεν επιδιορθώνονται από τις DNA πολυμεράσες, επιδιορθώνονται σε μεγάλο ποσοστό από ειδικά επιδιορθωτικά ένζυμα.

**Δ<sub>2</sub>:**

ΘΕΑ θέση τοποθέτησης του πρωταρχικού  
 τμήματος <sup>5'</sup>**GCUGUAA**<sub>3'</sub>: Μητρική αλυσίδα 2 διπλά στη ΘΕΑ

ΘΕΑ θέση τοποθέτησης του πρωταρχικού  
 τμήματος <sup>3'</sup>**A AUGUCG**<sub>5'</sub>: Μητρική αλυσίδα 3 διπλά στη ΘΕΑ

**Αιτιολόγηση:** Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων με ομοιοπολικό δεσμό. Ο δεσμός αυτός δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου νουκλεοτιδίου. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται 3'-5' φωσφοδιεστερικός δεσμός. Με τον τρόπο αυτό η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που δημιουργείται έχει ένα σκελετό, που αποτελείται από επανάληψη των μορίων φωσφορική ομάδα-πεντόζη-φωσφορική ομάδα-πεντόζη. 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. Για το λόγο αυτό αναφέρεται ότι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι 5'→3'.

Οι δύο αλυσίδες είναι αντιπαράλληλες, δηλαδή το 3' άκρο της μίας είναι απέναντι από το 5' άκρο της άλλης.

Τα κύρια ένζυμα που συμμετέχουν στην αντιγραφή του DNA ονομάζονται DNA πολυμεράσες. Επειδή τα ένζυμα αυτά δεν έχουν την ικανότητα να αρχίσουν την αντιγραφή, το κύτταρο έχει ένα ειδικό σύμπλοκο που αποτελείται από πολλά ένζυμα, το πριμόσωμα, το οποίο συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες, τα οποία ονομάζονται πρωταρχικά τμήματα. DNA πολυμεράσες επιμηκώνουν τα πρωταρχικά τμήματα, τοποθετώντας συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA. Τα νέα μόρια DNA αρχίζουν να σχηματίζονται, καθώς δημιουργούνται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών αζωτούχων βάσεων των δεοξυριβονουκλεοτιδίων. DNA πολυμεράσες επιδιορθώνουν επίσης λάθη που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αντιγραφής. Μπορούν, δηλαδή, να «βλέπουν» και να απομακρύνουν νουκλεοτίδιο που οι ίδιες τοποθετούν, κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας, και να τοποθετούν τα σωστά. Ταυτόχρονα DNA πολυμεράσες απομακρύνουν τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστούν με τμήματα DNA.

Οι DNA πολυμεράσες λειτουργούν μόνο προς καθορισμένη κατεύθυνση και τοποθετούν τα νουκλεοτίδια στο ελεύθερο 3' άκρο της δεοξυριβόζης

του τελευταίου νουκλεοτιδίου κάθε αναπτυσσόμενης αλυσίδας. Έτσι, λέμε ότι αντιγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' προς 3'. Κάθε νεοσυντιθέμενη αλυσίδα θα έχει προσανατολισμό 5'→3'. Έτσι, σε κάθε διπλή έλικα που παράγεται οι δύο αλυσίδες θα είναι αντιπαράλληλες. Για να ακολουθηθεί αυτός ο κανόνας σε κάθε τμήμα DNA που γίνεται η αντιγραφή, η σύνθεση του DNA είναι συνεχής στη μια αλυσίδα και ασυνεχής στην άλλη. Τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός ενζύμου, που ονομάζεται DNA δεσμάση.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο κλώνος που συντίθεται συνεχώς στην παραπάνω θηλιά αντιγραφής είναι ο μητρικός κλώνος 3 (Μ.Α. 3) και ο μητρικός κλώνος 2 (Μ.Α. 2). Το πρωταρχικό τμήμα τοποθετείται με το 5' άκρο του προς τη ΘΕΑ ώστε να είναι αντιπαράλληλο με το 3' άκρο του μητρικού κλώνου 3 και 2 που βρίσκεται και αυτό προς τη ΘΕΑ.

**Δ<sub>3</sub>:** Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί για τη δημιουργία φωσφοδιεστερικών δεσμών μεταξύ νουκλεοτιδίων σε προηγούμενα ερωτήματα, σε κάθε φωσφοδιεστερικό δεσμό (Ρ-δεσμό) συμμετέχει ένα -OH<sup>-</sup> αυτό που ανήκει στο πρώτο νουκλεοτίδιο μεταξύ δύο νουκλεοτιδίων που συνδέονται και το OH<sup>-</sup> βρίσκεται συνδεδεμένο με το 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου που συμμετέχει στο φωσφοδιεστερικό δεσμό.

Στο δοθέν πρωταρχικό τμήμα <sup>5'</sup>GCUGUAA<sub>3'</sub> συμμετέχουν 6-OH<sup>-</sup> υδροξύλια στη δημιουργία 6 φωσφοδιεστερικών δεσμών που συγκροτούν τα ριβονουκλεοτίδια που το αποτελούν.

Ωστόσο αυτό το πρωταρχικό τμήμα είναι δυνατό να επιμηκυνθεί από την DNA πολυμεράση κατά την αντιγραφή του DNA, οπότε θα δημιουργηθεί φωσφοδιεστερικός δεσμός μεταξύ του -OH<sup>-</sup> του τελευταίου νουκλεοτιδίου του πρωταρχικού τμήματος (Α) και του πρώτου δεοξυριβονουκλεοτιδίου που θα τοποθετήσει κατά την επιμήκυνση η DNA πολυμεράση. Άρα σε αυτή την περίπτωση 7-OH<sup>-</sup> του πρωταρχικού τμήματος μπορούν να συμμετέχουν στη δημιουργία φωσφοδιεστερικού δεσμού.

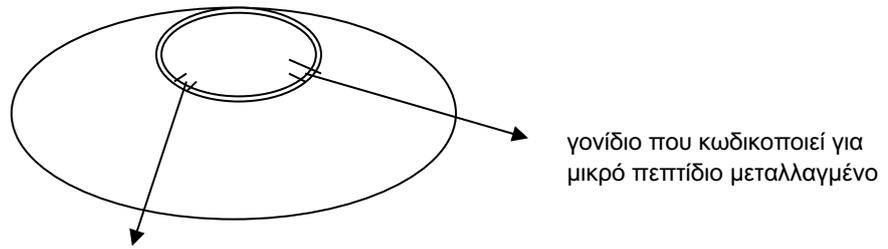
**Δ<sub>4</sub>:** Με βάση τα όσα έχουν ήδη αναφερθεί για τον προσδιορισμό της κωδικής αλυσίδας ενός γονιδίου που κωδικοποιεί για κάποιο πεπτίδιο, εδώ μήκους 8 αμινοξέων, μπορούμε να προσδιορίσουμε ότι η κωδική αλυσίδα του δοθέντος γονιδίου είναι η κάτω καθώς σε αυτή βρίσκουμε διαβάζοντας από αριστερά προς τα δεξιά μετά από 6 νουκλεοτίδια κωδικόνιο έναρξης <sup>5'</sup>ATG<sub>3'</sub>, και μετά από 21 νουκλεοτίδια (3 x 7) από το κωδικόνιο έναρξης βρίσκουμε κωδικόνιο λήξης <sup>5'</sup>TAA<sub>3'</sub>.

Από αυτή τη φυσιολογική κωδική αλυσίδα και τη συμπληρωματική της μη-κωδική αυτού του γονιδίου κωδικοποιείται ένα πεπτίδιο μήκους 8 αμινοξέων.

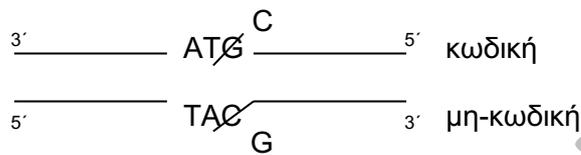
Αν γίνει μετάλλαξη σε αυτό το γονίδιο και μετά από το μεταλλαγμένο αυτό γονίδιο κωδικοποιείται ένα διπεπτίδιο, τότε η μετάλλαξη που συνέβη θα πρέπει να είναι η αντικατάσταση του ζεύγους C-G, (μη-κωδική)-(κωδική) αλυσίδα του φυσιολογικού γονιδίου από το ζεύγος A-T (μη-κωδική)-(κωδική) αλυσίδα που αντιστοιχεί στο πρώτο νουκλεοτίδιο του 3<sup>ου</sup> κωδικονίου. Έτσι το φυσιολογικό κωδικόνιο <sup>5'</sup>GAG<sub>3'</sub> που κωδικοποιεί για γλουταμινικό οξύ, γίνεται <sup>5'</sup>TAG<sub>3'</sub> που είναι κωδικόνιο λήξης της μετάφρασης.

Δ5:

Βακτήριο

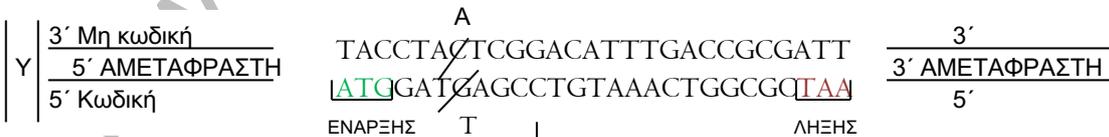
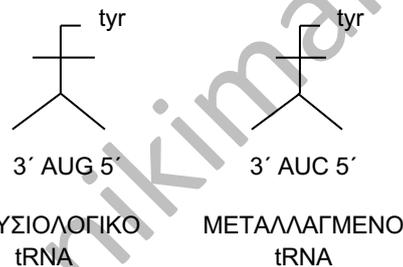


γονίδιο tRNA μεταλλαγμένο



ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ  
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ  
ΓΟΝΙΔΙΟΥ

ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ  
ΜΕΤΑΛΛΑΓΜΕΝΟΥ  
ΓΟΝΙΔΙΟΥ



ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ  
ΜΕΤΑΛΛΑΓΜΕΝΟΥ ΓΟΝΙΔΙΟΥ



Σύμφωνα με τα παραπάνω, το μεταλλαγμένο μόριο tRNA<sup>tyr</sup> φέρει αντικωδικόνιο το οποίο είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με το κωδικόνιο λήξης 5'UAG<sub>3</sub>' το οποίο έχει τώρα δημιουργηθεί στο τρίτο κωδικόνιο του μεταλλαγμένου γονιδίου που κωδικοποιεί για το ολιγοπεπτίδιο. Μάλιστα το μόριο αυτό του tRNA είναι φορτισμένο με το αμινοξύ τυροσίνη.

Άρα το γονίδιο το οποίο κωδικοποιεί το διπεπτίδιο μπορεί κατά την έκφρασή του και συγκεκριμένα κατά τη μετάφραση του mRNA του, να:

- α) Αν η συγγένεια του μεταλλαγμένου μορίου tRNA<sup>tyr</sup> με το 5'UAG<sub>3</sub>' είναι μεγαλύτερη από αυτή του παράγοντα απελευθέρωσης (Ο παράγοντας απελευθέρωσης είναι μία κατάλληλη πρωτεΐνη που αναγνωρίζει τα κωδικόνια λήξης και η σύνδεσή του με αυτά, οδηγεί στον τερματισμό της μετάφρασης καθώς οι δύο υπομονάδες του ριβοσώματος απομακρύνονται από το mRNA και το (πολύ)πεπτίδιο απομακρύνεται από το tRNA που το μετέφερε) τότε, κωδικοποιεί για ένα οκταπεπτίδιο όπως και το φυσιολογικό αντίστοιχο γονίδιο του, που όμως θα διαφέρει η μεταλλαγμένη πρόδρομη πεπτιδική αλυσίδα από τη φυσιολογική κατά ένα αμινοξύ, το 3<sup>ο</sup> συγκεκριμένα, όπου στη φυσιολογική ήταν γλουταμινικό οξύ και τώρα θα είναι τυροσίνη. Αυτό θα συμβεί καθώς το μεταλλαγμένο tRNA<sup>tyr</sup> μόριο θα αναγνωρίζει το κωδικόνιο 5'UAG<sub>3</sub>' και θα συνεχίζεται η μετάφραση μέχρι το φυσιολογικό κωδικόνιο λήξης του γονιδίου, το 5'UAA<sub>3</sub>'. Μάλιστα, δεν αποκλείεται η λειτουργική πρωτεΐνη να μπορεί να είναι η φυσιολογική, αν τα δύο πρώτα αμινοξέα υπόκεινται με μετα-μεταφραστική τροποποίηση.
- β) Συνεχίζει να κωδικοποιεί για ένα διπεπτίδιο όπως ήταν, καθώς η πρωτεΐνη παράγοντας απελευθέρωσης που είναι υπεύθυνη για τον τερματισμό της μετάφρασης, αναγνωρίζοντας τα κωδικόνια λήξης θα εμφανίζει μεγαλύτερη συγγένεια με το κωδικόνιο λήξης 5'UAG<sub>3</sub>' αντί του μεταλλαγμένου μορίου tRNA<sup>tyr</sup>.
- γ) Αν η συγγένεια των δύο μορίων, δηλαδή του παράγοντα απελευθέρωσης και του μορίου tRNA<sup>tyr</sup> (μεταλλαγμένου) με το κωδικόνιο λήξης 5'UAG<sub>3</sub>' είναι η ίδια, τότε το ίδιο μόριο mRNA αυτού του μεταλλαγμένου γονιδίου που αναφέρεται στην άσκηση, θα μπορεί να παράγει ένα διπεπτίδιο ή ένα οκταπεπτίδιο που φέρει στο τρίτο κωδικόνιο Tyr αντί για Gln.