

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΟΜΟΓΕΝΩΝ 2019

ΘΕΜΑ Α

A1 → γ, **A2** → α, **A3** → β, **A4** → β, **A5** → δ

ΘΕΜΑ Β

B1: 1 → γ, 2 → α, 3 → β, 4 → δ, 5 → α, 6 → β

B2: Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες έχουν DNA. Το γενετικό υλικό των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων περιέχει πληροφορίες σχετικές με τη λειτουργία τους, δηλαδή σχετικά με την οξειδωτική φωσφορυλίωση και τη φωτοσύνθεση αντίστοιχα, και κωδικοποιεί μικρό αριθμό πρωτεϊνών. Οι περισσότερες όμως πρωτεΐνες, που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων, κωδικοποιούνται από γονίδια που βρίσκονται στο DNA του πυρήνα. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα οργανίδια αυτά δεν είναι ανεξάρτητα από τον πυρήνα του κυττάρου και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως **ημιαυτόνομα**.

B3: Τα αντισώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θεραπευτικά. Η πιο ενδιαφέρουσα εφαρμογή τους αφορά τη θεραπεία του καρκίνου. Τα καρκινικά κύτταρα έχουν στην εξωτερική επιφάνειά τους μεγάλη ποικιλία αντιγόνων που δεν υπάρχουν στα φυσιολογικά κύτταρα του οργανισμού, και ονομάζονται καρκινικά αντιγόνα. Έτσι μπορούν να κατασκευαστούν μονοκλωνικά αντισώματα εναντίον αυτών των αντιγόνων. Τα μονοκλωνικά αντισώματα είναι πολύ ειδικά μόνο για τα καρκινικά κύτταρα και μπορούν να «γίνουν μεταφορείς» ισχυρών αντικαρκινικών φαρμάκων. Όταν εισαχθούν στον οργανισμό, βρίσκουν και προσβάλλουν τους καρκίνους - στόχους. Τα αντικαρκινικά φάρμακα, που είναι συνδεδεμένα με τα αντισώματα, δρουν κατευθείαν στα καρκινικά κύτταρα και τα καταστρέφουν. Επιτρέπουν έτσι τη θεραπεία με αποφυγή της χειρουργικής επέμβασης και των δυσάρεστων επιπτώσεων της χημειοθεραπείας.

B4: Η κλωνοποίηση μπορεί επίσης να συνεισφέρει στην προστασία από την εξαφάνιση διάφορων ζώων του πλανήτη μας. Στις καταψύξεις πολλών ζωολογικών κήπων υπάρχουν κατεψυγμένα ωάρια και σπερματοζωάρια ή έμβρυα ζώων που κινδυνεύουν να εξαφανιστούν. Πυρήνες από αυτά τα κύτταρα μπορούν να μεταφερθούν σε απύρηνα ωοκύτταρα του είδους που μας ενδιαφέρει και στη συνέχεια να κυοφορηθούν στο ίδιο ή σε συγγενικό είδος ζώου.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1:

5'		3'	μη κωδική
A		B	
3'		5'	κωδική

A ...GAATTCTGAATCCTAGCGCACGACAACCATTTCTGAATTCGCGC... **B**
 ...CTTAAGCTTAGGATCGCGTGCTGTTGGTAAAGCTTAAGCGCG...

Όπου: Οι ευθείες γραμμές δηλώνουν την αλληλουχία που δίνεται ακριβώς από κάτω, σύμφωνα με τα δεδομένα της άσκησης.

Αιτιολόγηση:

Το δοθέν τμήμα βακτηριακού DNA γνωρίζουμε ότι κωδικοποιεί για ένα ολιγοπεπτίδιο, επομένως συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για βακτηριακό γονίδιο που μεταγράφεται σε mRNA, το οποίο στη συνέχεια μεταφράζεται σε ένα ορισμένο ολιγοπεπτίδιο. Μάλιστα επειδή αφορά βακτηριακό γονίδιο τότε αυτό δεν είναι ασυνεχές, δηλαδή αποκλείεται να περιέχει εσώνια.

Γνωρίζουμε ότι με τη μεταγραφή, οι πληροφορίες που βρίσκονται στα γονίδια μεταφέρονται στο mRNA με βάση τη συμπληρωματικότητα των νουκλεοτιδικών βάσεων. Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στις πρωτεΐνες με βάση έναν κώδικα αντιστοίχισης νουκλεοτιδίων mRNA με αμινοξέα πρωτεϊνών, ο οποίος ονομάζεται γενετικός κώδικας.

Από 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 έχει κωδικόνιο έναρξης και κωδικόνια λήξης. Το κωδικόνιο έναρξης υπάρχει σε όλους τους οργανισμούς και είναι το $5' \text{AUG} 3'$ που κωδικοποιεί το αμινοξύ μεθειονίνη.

Υπάρχουν τρία κωδικόνια λήξης, τα $5' \text{UAG} 3'$, $5' \text{UGA} 3'$ και $5' \text{UAA} 3'$. Η παρουσία των κωδικονίων αυτών στο μόριο του mRNA οδηγεί στον τερματισμό της σύνθεσης της πεπτιδικής αλυσίδας. Ο όρος κωδικόνιο δεν αφορά μόνο το mRNA αλλά και το γονίδιο από το οποίο παράγεται.

Έτσι, για παράδειγμα, το κωδικόνιο έναρξης $5' \text{AUG} 3'$ αντιστοιχεί στο κωδικόνιο έναρξης της κωδικής αλυσίδας του γονιδίου $5' \text{ATG} 3'$ κ.ο.κ. Το τμήμα ενός γονιδίου, και του mRNA του που κωδικοποιεί μια πεπτιδική αλυσίδα, αρχίζει με το κωδικόνιο έναρξης και τελειώνει με το κωδικόνιο λήξης.

Επίσης γνωρίζουμε ότι: Κατά την έναρξη της μεταγραφής ενός γονιδίου η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή και προκαλεί τοπικό ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA. Στη συνέχεια, τοποθετεί τα ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια μίας αλυσίδας του DNA σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων, όπως και στην αντιγραφή, με τη διαφορά ότι

εδώ απέναντι από την αδερίνη τοποθετείται το ριβονουκλεοτίδιο που περιέχει ουρακίλη. Η RNA πολυμεράση συνδέει τα ριβονουκλεοτίδια, που προστίθενται το ένα μετά το άλλο, με $3' \rightarrow 5'$ φωσφοδιεστερικό δεσμό. Η μεταγραφή έχει προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$ όπως και η αντιγραφή. Η σύνθεση του RNA σταματά στο τέλος του γονιδίου, όπου ειδικές αλληλουχίες οι οποίες ονομάζονται αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, επιτρέπουν την απελευθέρωσή του.

Το μόριο RNA που συντίθεται είναι συμπληρωματικό προς τη μία αλυσίδα της διπλής έλικας του DNA του γονιδίου. Η αλυσίδα αυτή είναι η μεταγραφόμενη και ονομάζεται μη κωδική. Η συμπληρωματική αλυσίδα του DNA του γονιδίου ονομάζεται κωδική. Το RNA είναι το κινητό αντίγραφο της πληροφορίας ενός γονιδίου.

Αφού λοιπόν το mRNA δημιουργείται κατά τη μεταγραφή με προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$ με καλούπι την μη-κωδική αλυσίδα του γονιδίου, τότε αυτό θα είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με την αλυσίδα αυτή του γονιδίου. Όμως όπως γνωρίζουμε από το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA, οι δύο κλώνοι του μορίου είναι συμπληρωματικοί και αντιπαράλληλοι συνεπώς και η κωδική αλυσίδα του γονιδίου θα είναι συμπληρωματική και αντιπαράλληλη με την μη-κωδική αλυσίδα του, άρα η κωδική αλυσίδα του γονιδίου θα έχει τον ίδιο προσανατολισμό και την ίδια αλληλουχία αζωτούχων βάσεων (μόνο που αντί για U θα έχει T), με το μόριο του mRNA που παράγεται από τη μεταγραφή του γονιδίου.

Σύμφωνα λοιπόν με όσα αναφέρθηκαν, η κωδική αλυσίδα του γονιδίου θα είναι εκείνη που φέρει κωδικόνιο έναρξης ($5' \text{ATG } 3'$) προς το $5'$ άκρο της και μετά από αριθμό νουκλεοτιδίων ακέραιο πολλαπλάσιο του τρία, φέρει ένα εκ των κωδικονίων λήξης της μετάφρασης ($5' \text{TAA } 3'$, $5' \text{TGA } 3'$, $5' \text{TAG } 3'$) προς το $3'$ άκρο της. Ο υποκινητής του γονιδίου, θα βρίσκεται πριν από το πρώτο νουκλεοτίδιο του $5'$ άκρου της κωδικής αλυσίδας του γονιδίου.

Τις παραπάνω συνθήκες πληροί μόνο η αλυσίδα 2 (κάτω), η οποία όταν διαβάζεται από τα δεξιά ($5'$ άκρο) προς τα αριστερά ($3'$ άκρο) διαθέτει κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης $5' \text{ATG } 3'$. Η τριπλετα αυτή εμφανίζεται μετά από 13 νουκλεοτίδια από την αρχή της και διαθέτει και κωδικόνιο λήξης ($5' \text{TGA } 3'$) ενώ μεταξύ του κωδικονίου έναρξης και λήξης παρεμβάλλεται πλήθος 12 νουκλεοτιδίων, δηλαδή ακαιρεο πολλαπλάσιο του 3 (3χ).

Γ2: Το ζητούμενο mRNA μόριο είναι:

$5' \text{GCGCGAAUUCGAA-AUGGUUGUCGUGCGCUAG-GAUUCGAAUUC } 3'$

Το παραπάνω μόριο mRNA κωδικοποιεί αμέσως μετά την μετάφραση του για ένα 5-πεπτίδιο.

Γ3: Η ΘΕΑ βρίσκεται στη θέση B του σχήματος.

Αιτιολόγηση:

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 $5' \rightarrow 3'$. Κάθε νεοσυντιθέμενη αλυσίδα θα έχει προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$. 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.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και με βάση τα δεδομένα της άσκησης που προκύπτουν και από τα προηγούμενα υποερωτήματα, συνάγουμε ότι **η ΘΕΑ βρίσκεται στη θέση Β** του σχήματος ώστε ο πάνω κλώνος του δοθέντος γονιδίου που είναι και ο μη-κωδικός του γονιδίου να αντιγράφεται συνεχώς, δηλαδή με προσανατολισμό 5' προς 3', με το 5' άκρο του να βρίσκεται προς τη ΘΕΑ, οπότε να μην απαιτείται ασυνεχή κίνηση της DNA πολυμεράσης, που συνθέτει πάντα με προσανατολισμό 5' → 3'.

Γ4: Το κατάλληλο ένζυμο για την κλωνοποίηση του γονιδίου που μας δίνεται στον φορέα κλωνοποίησης είναι **το ένζυμο E3**.

Το E3 ένζυμο έχει τα εξής χαρακτηριστικά σε σχέση με την κλωνοποίηση που θέλουμε να επιτύχουμε:

- α. Δεν επηρεάζει την ΘΕΑ του πλασμιδίου, εν αντιθέσει με το ένζυμο E1 που την καταστρέφει.
- β. Δεν επηρεάζει το μεταφράσιμο τμήμα του γονιδίου εν αντιθέσει με το ένζυμο E2 που το κόβει λίγο πριν το κωδικόνιο λήξης.
- γ. Κόβει εκατέρωθεν του μεταφράσιμου τμήματος του γονιδίου και κόβει εντός του γονιδίου ανθεκτικότητας στην αμπικιλίνη που διαθέτει ο φορέας κλωνοποίησης. Έτσι με την χρήση του E3 απομονώνεται το επιθυμητό μόνο τμήμα του γονιδίου που θέλουμε να κλωνοποιηθεί και μας δίνει τη δυνατότητα επιλογής των μετασχηματισμένων με αυτό το γονίδιο ξενιστών χάρη στον ανασυνδυασμό του εντός του γονιδίου ανθεκτικότητας στη αμπικιλίνη στον φορέα κλωνοποίησης.

ΘΕΜΑ Δ

Δ1: Οι ζητούμενες πιθανές διασταυρώσεις και γονότυποι είναι:

- α. Ο χαρακτήρας «είδος τριχώματος» ελέγχεται από δύο αλληλόμορφα ενός αυτοσωμικού γονιδίου με σχέση:
 - i) ατελούς επικράτειας μεταξύ τους
 - ii) συν-επικράτειας μεταξύ τους

Σε κάθε περίπτωση από τις i) και ii) έστω το γονίδιο $A(A^1, A^2)$ $A^1 = A^2$. Οπότε οι γονότυποι των γονέων θα είναι: ♀ $A^1 A^2$ και ♂ $A^1 A^2$.

Η διασταύρωσή τους θα είναι:

P: ♀ $A^1 A^2$ x ♂ $A^1 A^2$
 γαμέτες: A^1, A^2 / A^1, A^2
F₁: $A^1 A^1$: $2A^1 A^2$: $A^2 A^2$ γονοτυπική αναλογία
 $[A^1] : 2[A^1 A^2] : [A^2]$ φαινοτυπική αναλογία

- β. Ο χαρακτήρας ελέγχεται από ένα αυτοσωμικό γονίδιο με 3 πολλαπλά αλληλόμορφα με διαδοχική πλήρη επικράτεια μεταξύ τους, π.χ. Α (A^1, A^2, A^3) $A^1 > A^2 > A^3$.

Τότε έχουμε τη διασταύρωση:

$$\begin{aligned} \text{P: } & A^1 A^3 \times A^2 A^3 \\ \text{γαμέτες: } & A^1, A^3 / A^2, A^3 \\ \text{F}_1: & A^1 A^2 : A^1 A^3 : A^2 A^3 : A^3 A^3 \text{ γονοτυπική αναλογία} \\ & 2[A^1] : [A^2] : [A^3] \text{ φαινοτυπική αναλογία} \end{aligned}$$

Δ2: Έχουμε την διασταύρωση:

$$\begin{aligned} \text{P: } & \Phi\phi Aa \times \Phi\phi Aa \\ \text{γαμέτες: } & \Phi A, \Phi a, \phi A, \phi a / \Phi A, \Phi a, \phi A, \phi a \\ \text{F}_1: & \begin{array}{llll} 4\Phi\phi Aa & 2\Phi\phi aa & 2\phi\phi Aa & 1\phi\phi aa \\ 2\Phi\phi AA & 1\phi\phi aa & 1\phi\phi AA & : 1 [\phi a] \\ 2\phi\phi Aa & : 3 [\phi a] & : 3 [\phi A] & \\ 1\phi\phi AA & & & \\ 9 [\Phi A] & & & \end{array} \end{aligned}$$

Υπόμνημα: Η γονοτυπική αναλογία της διασταύρωσης δίνεται πάνω από τη γραμμή, η φαινοτυπική δίνεται κάτω από τη γραμμή.

Για την διασταύρωση ισχύουν οι δύο νόμοι του Mendel και δεν εξετάζονται καινοφανείς μεταλλάξεις. Το δείγμα σύμφωνα με την εκφώνηση θεωρείται στατιστικώς αξιόπιστο.

α) Αν τα ποντίκια στερούνται **Τυροσίνης** στην τροφή τους τότε:

$$\begin{aligned} 9[\Phi A] &= \text{μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr και δεν είναι αλφικό} \\ 3[\Phi a] &= \text{μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr αλλά είναι αλφικό} \\ 3[\phi A] &= \text{δεν μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr και φαίνεται αλφικό} \\ 1[\phi a] &= \text{δεν μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr και είναι αλφικό} \end{aligned}$$

Συνεπώς η αναλογία διαμορφώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} 9[\Phi A] &= \text{μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr και δεν είναι ή φαίνονται αλφικά} \\ 3[\Phi a] &= \text{μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr και είναι αλφικά} \\ 4[\phi a] &= \text{δεν μετατρέπει την Phe} \rightarrow \text{Tyr και φαίνονται ή είναι αλφικά} \end{aligned}$$

β) Αν τα ποντίκια **δεν στερούνται της απαραίτητης Τυροσίνης** στην τροφή τους, τότε:

$$\begin{aligned} 9[\Phi A] &= \text{μετατρέπουν την Phe} \rightarrow \text{Tyr και δεν είναι αλφικά} \\ 3[\Phi a] &= \text{μετατρέπουν την Phe} \rightarrow \text{Tyr και είναι αλφικά} \\ 3[\phi A] &= \text{δεν μετατρέπουν την Phe} \rightarrow \text{Tyr και δεν είναι αλφικά} \\ 1[\phi a] &= \text{δεν μετατρέπουν την Phe} \rightarrow \text{Tyr και είναι αλφικά} \end{aligned}$$

Συνεπώς σε αυτή την περίπτωση εμφανίζονται τέσσερεις διακριτοί φαινότυποι όπως παρουσιάζονται παραπάνω.