

**ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΣΠΕΡΙΝΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΛΥΚΕΙΩΝ
ΤΕΤΑΡΤΗ 3 ΙΟΥΝΙΟΥ 2026
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

ΘΕΜΑ Α

Οι ζητούμενες απαντήσεις είναι:

A1. γ

A2. γ

A3. β

A4. γ

A5. δ

ΘΕΜΑ Β

Οι ζητούμενες απαντήσεις είναι:

B1.

1 β

2 γ

3 β

4 β

5 α

6 γ

B2.

α. Γενετικός κώδικας ονομάζεται ο κώδικας αντιστοίχισης νουκλεοτιδίων mRNA (ή της κωδικής αλυσίδας των γονιδίων) με τα αμινοξέα των πρωτεϊνών.

β. Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ύστερα από ειδική επεξεργασία, τα ινίδια χρωματίνης μοιάζουν με κομπολόγια από χάντρες. Κάθε «χάντρα» ονομάζεται νουκλεόσωμα και

αποτελεί τη βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης. Το νουκλεόσωμα είναι η δομική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς και αποτελείται από DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων τυλιγμένο γύρω από οκτώ μόρια πρωτεϊνών, που ονομάζονται ιστόνες.

γ. Χαρτογράφηση είναι ο εντοπισμός της θέσης των γονιδίων στα χρωμοσώματα (στην απάντηση δεν είναι σωστό/απαραίτητο να περιλαμβάνεται και η αλληλούχιση, καθώς πρόκειται για διαφορετική διαδικασία).

B3. Σύμφωνα με τη βιολογική σημασία της μείωσης κατά τη δημιουργία των γαμετών λαμβάνει χώρα ο **ανεξάρτητος συνδυασμός χρωμοσωμάτων**, ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα την αναδιανομή των γονιδίων που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα. Επίσης κατά την μείωση Ι συμβαίνει ο **επιχιασμός**, με τον οποίο ανασυνδυάζονται γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων. Ο συνδυασμός των δύο μηχανισμών που αναφέρθηκαν έχει ως συνέπεια σε κάθε γαμέτη να αντιπροσωπεύεται ένα μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα και ταυτόχρονα ένα μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα. Επιπρόσθετα **οι απόγονοι προκύπτουν από τον τυχαίο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση**. Τέλος στη γενετική ποικιλομορφία συμβάλλουν οι **μεταλλάξεις**.

Το γεγονός αυτό, που είναι η ουσία της γενετικής ποικιλομορφίας που χαρακτηρίζει τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς, έχει μεγάλη σημασία 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.

B4. Οι χλωροπλάστες ανήκουν σε μια ευρύτερη κατηγορία οργανιδίων των φυτικών κυττάρων, που ονομάζονται πλαστίδια. Στα πλαστίδια ανήκουν και οι άχρωμοι αμυλοπλάστες, που βρίσκονται στα κύτταρα των ριζών των φυτών και αποτελούν αποθήκες αμύλου, καθώς επίσης οι χρωμοπλάστες, που περιέχουν χρωστικές και βρίσκονται στα άνθη, στα φύλλα και στους καρπούς.

ΘΕΜΑ Γ

Οι ζητούμενες απαντήσεις είναι:

Γ1.

Διερεύνηση:

Από τα αποτελέσματα των απογόνων στην δεύτερη θυγατρική γενεά όπου παρατηρείται απόκλιση στην έκφραση του χαρακτηριστικού μεταξύ αρσενικών και θηλυκών απογόνων συμπεραίνουμε ότι αποκλείεται και τα δυο ένζυμα να ελέγχονται

από ανεξάρτητα μεν, αλλά αυτοσωμικά γονίδια. Το ένα από τα δυο γονίδια είναι φυλοσύνδετο.

Οπότε υπάρχουν δυο πιθανοί συνδυασμοί για τους γενετικούς τόπους των γονιδίων των E_1 και E_2 .

A. Το γονίδιο E_1 είναι αυτοσωμικό και το E_2 είναι φυλοσύνδετο.

B. Το γονίδιο E_2 είναι αυτοσωμικό και το γονίδιο E_1 είναι φυλοσύνδετο.

Η πρώτη περίπτωση επιβεβαιώνεται σε όλες τις διασταυρώσεις.

Η δεύτερη περίπτωση δεν επιβεβαιώνεται, ήδη από τα αποτελέσματα στην F_1 γενεάς.

Συνεπώς:

Το ένζυμο E_1 κληρονομείται ως **Αυτοσωμικός χαρακτήρας**

Το ένζυμο E_2 κληρονομείται ως **Φυλοσύνδετος χαρακτήρας**

Συνοπτικά:

Γονότυποι

A_X^BY

$A_X^BX^-$

A_X^bY

$A_X^{bb}X^b$

aaX^BY

aaX^BX^-

aaX^bY

$aaX^{bb}X^b$

Φαινότυποι

[Πορτοκαλί]

[Πορτοκαλί]

[Κόκκινο]

[Κόκκινο]

[Κίτρινο]

[Κίτρινο]

[Λευκό]

[Λευκό]

Γ2.

P: $aaX^BX^B \times AAX^bY$

F₁: $AaX^BX^b \times AaX^bY$

Πίνακας Punnett με τους πιθανούς απογόνους

| ♂ / ♀ | AX^B | AX^b | aX^B | aX^b |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| AX^B | AAX^BX^B | AAX^BX^b | AaX^BX^B | AaX^BX^b |
| AY | AAX^bY | AAX^bY | AaX^bY | AaX^bY |

| | | | | |
|--------------|-------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| αX^B | $A\alpha X^B X^B$ | $A\alpha X^B X^\beta$ | $\alpha\alpha X^B X^B$ | $\alpha\alpha X^B X^\beta$ |
| αY | $A\alpha X^B Y$ | $A\alpha X^\beta Y$ | $\alpha\alpha X^B Y$ | $\alpha\alpha X^\beta Y$ |

Γ3. Όπως προκύπτει από το γενεαλογικό δένδρο:

II_4 : Είναι φυσιολογικό ενώ έπρεπε να πάσχει.

III_1 : Έπρεπε να είναι φυσιολογικό αλλά πάσχει.

Γ4. Όπως προκύπτει από τον πίνακα 1:

II_1 : $X^{\alpha}Y$

II_2 : $X^A X^{\alpha}$

II_3 : $X^A Y$

II_4 : $X^A X^{\alpha} Y$ (υβριδοποιεί με 2X χρωμοσώματα -2 ανιχνευτές A- και έχει δυο αντίγραφα του υπολειπομένου αλληλομόρφου γονίδιου, σε ένα από αυτά τα X χρωμοσώματα, στις αδελφές χρωματίδες του)

III_1 : $X^{\alpha} X^{\beta}$ (υβριδοποιεί με 2X χρωμοσώματα -2 ανιχνευτές A- και έχει δυο αντίγραφα του υπολειπομένου αλληλομόρφου γονίδιου, σε ένα από αυτά τα X χρωμοσώματα, στις αδελφές χρωματίδες του)

Γ5.

II₄: Προέκυψε:

Αρσενικός Γονέας I₁: Σπερματοζώαριο μη φυσιολογικό (**22+ X^AY**) λόγω μη διαχωρισμού των φυλετικών χρωμοσωμάτων στη Μείωση I.

Θηλυκός Γονέας I₂: Ωάριο Φυσιολογικό (**22+X^a**).

III₁:

Αρσενικός Γονέας II₃: Σπερματοζώαριο μη φυσιολογικό (**22+X^A σε X⁺**, εξαιτίας δομικής χρωμοσωμικής ανωμαλίας τέτοια μπορεί να είναι έλλειψη τμήματος του χρωμοσώματος X ή μετατόπιση τμήματος του χρωμοσώματος X που περιέχει το επικρατές αλληλόμορφο σε άλλο χρωμόσωμα και αυτό το χρωμόσωμα δεν κατανεμήθηκε στον αρσενικό γαμέτη που έδωσε αυτόν τον απόγονο).

Θηλυκός Γονέας II₂: Ωάριο Φυσιολογικό (**22+X^a**).

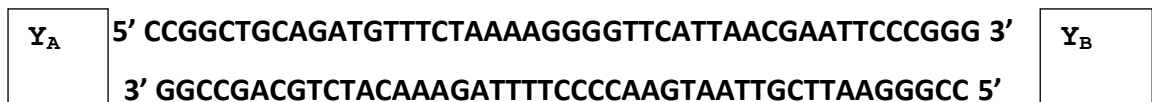
ΘΕΜΑ Δ

Οι ζητούμενες απαντήσεις είναι:

Δ1.

α.

οι ζητούμενοι προσανατολισμοί είναι:

Σκεπτικό

Κάθε νουκλεοτίδιο έχει στον 3' άνθρακα ένα υδροξύλιο το οποίο ενώνεται με την φωσφορική ομάδα του 5' άνθρακα του επόμενου νουκλεοτιδίου σχηματίζοντας έναν 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. Έτσι, δημιουργείται μία πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που έχει έναν σκελετό αποτελούμενο από επανάληψη των μορίων φωσφορικής ομάδας-πεντόζης ενώ ανεξάρτητα από τον αριθμό των νουκλεοτιδίων το πρώτο νουκλεοτίδιο έχει μία ελεύθερη φωσφορική ομάδα συνδεδεμένη με τον 5' άνθρακα και το τελευταίο έχει ελεύθερο το υδροξύλιο του 3' άνθρακα της πεντόζης. Έτσι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι 5' προς 3'.

Γνωρίζουμε άλλωστε, ότι ο γενετικός κώδικας, εκτός από το γεγονός ότι είναι τριπλέτας, συνεχής και μη επικαλυπτόμενος, διαθέτει ένα κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης, το 5' AUG 3' στο μόριο του mRNA, δηλαδή το 5' ATG 3' στην κωδική αλυσίδα του γονιδίου.

Επίσης στον γενετικό κώδικα υπάρχουν τρία κωδικόνια που δεν κωδικοποιούν για κάποιο αμινοξύ. Τα κωδικόνια αυτά ονομάζονται κωδικόνια λήξης και είναι τα 5'TAG3', 5'TGA3', 5'TAA3'. Επομένως, αναζητώντας το κωδικόνιο 5'ATG3' και για τα δυο γονίδια που μας δίνονται καταλήγουμε στο ότι η νουκλεοτιδική αλυσίδα I θα έχει το 3' άκρο της δεξιά, και η συμπληρωματική της και αντιπαράλληλη της αλυσίδα II, θα έχει το 5' άκρο της επίσης δεξιά. Στα αριστερά τους οι δυο αλυσίδες θα έχουν αντιστοίχως, η I το 5' άκρο της και η II το 3' άκρο της.

β. Η ζητούμενη απάντηση είναι:

Για την αλυσίδα I, αυτή είναι η κωδική αλυσίδα του γονιδίου που κωδικοποιεί τον μεταγραφικό παράγοντα. Η αλυσίδα II είναι η κωδική αλυσίδα του γονιδίου που κωδικοποιεί το πενταπεπτίδιο.

Σκεπτικό:

Ο υποκινητής είναι μία κατάλληλη αλληλουχία DNA, που επιτρέπει την έναρξη της μεταγραφής, και βρίσκεται πάντα πριν από την αρχή του γονιδίου. Δηλαδή βρίσκεται πάντα εκεί που η κωδική αλυσίδα έχει το 5' άκρο της. Για την αλυσίδα I, αυτή είναι η κωδική αλυσίδα του γονιδίου που κωδικοποιεί τον μεταγραφικό παράγοντα και αντιστοίχως, η αλυσίδα II είναι η κωδική αλυσίδα του γονιδίου που κωδικοποιεί το πενταπεπτίδιο. Αυτό συνάγεται από το γεγονός ότι το γονίδιο με υποκινητή τον γ_A δεν οδηγεί σε πενταπεπτίδιο, αλλά σε τετραπεπτίδιο, ακόμη και αν υποθέσουμε ότι διαθέτει εσώνιο. Πράγματι, όταν το διαβάζουμε σύμφωνα με το γενετικό κώδικα, από το κωδικόνιο έναρξης μέχρι το κωδικόνιο λήξης της κωδικής του αλυσίδας (αλυσίδα I), δεν οδηγεί σε καμία περίπτωση σε πενταπεπτίδιο. Επίσης, το γονίδιο με τον υποκινητή γ_B διαθέτει επτά τριπλέτες νουκλεοτιδίων στην κωδική του αλυσίδα ξεκινώντας από το κωδικόνιο έναρξης της και μέχρι το κωδικόνιο λήξης της. Δηλαδή μπορούμε να θεωρήσουμε ότι διαθέτει εσώνιο μιας εξαπλέτας, οπότε κωδικοποιεί για ένα πενταπεπτίδιο.

γ. Η ζητούμενη απάντηση είναι:

Το ασυνεχές γονίδιο, είναι το γονίδιο που κωδικοποιεί το πεπτίδιο με τη φαρμακευτική δράση, δηλαδή το γονίδιο B.

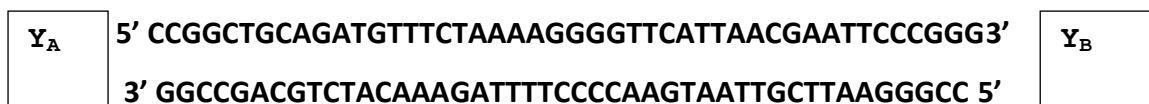
Σκεπτικό:

Γνωρίζουμε ότι ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας δηλαδή τρία νουκλεοτίδια του mRNA αποτελούν ένα κωδικόνιο και κωδικοποιούν ένα αμινοξύ, συνεχής, δηλαδή δεν παραλείπεται κανένα νουκλεοτίδιο κατά τη μετάφραση του mRNA από το ριβόσωμα, μη επικαλυπτόμενος, κανένα νουκλεοτίδιο δεν ανήκει σε περισσότερα από ένα κωδικόνια ενώ διαθέτει ένα κωδικόνιο έναρξης, το 5'ΑUG3', και τρία κωδικόνια λήξης τα 5'UGA3', 5'UAG3' και 5'UAA3'. Η μη κωδική αλυσίδα είναι συμπληρωματική και αντιπαράλληλη του mRNA και η κωδική συμπληρωματική και αντιπαράλληλη της κωδικής.

Επομένως, αναζητούμε στην κωδική αλυσίδα το κωδικόνιο 5'ATG3 και με βήμα τριπλέτας ένα εκ των τριών κωδικονίων λήξης 5'TAG3', 5'TGA3' ή 5'TAA3'. Για το πενταπεπτίδιο, συνολικά, τα κωδικόνια θα πρέπει να είναι έξι καθώς το κωδικόνιο λήξης δεν κωδικοποιεί αμινοξύ. Στην αλυσίδα I υπάρχει κωδικόνιο έναρξης και με βήμα τριπλέτας συνεχόμενα και μη επικαλυπτόμενα ακολουθεί κωδικόνιο λήξης, ωστόσο θα κωδικοποιούνταν τετραπεπτίδιο. Επομένως ασυνεχές είναι το γονίδιο που κωδικοποιεί το πεπτίδιο με τη φαρμακευτική δράση δηλαδή το γονίδιο B.

Δ2.

Η αλληλουχία της εικόνας 2 μετά την αναστροφή θα είναι η ακόλουθη:



Παρατηρούμε ότι η αναστροφή οδηγεί σε 2 γονίδια τα οποία ενώ διατηρούν την αλληλουχία τους, ελέγχονται από διαφορετικούς υποκινητές. Μετά την αναστροφή το γονίδιο του πενταπεπτιδίου ελέγχεται από τον Υποκινητή Y_A (του γονιδίου του μεταγραφικού παράγοντα) και το γονίδιο του μεταγραφικού παράγοντα από τον Υποκινητή Y_B (του γονιδίου του πενταπεπτιδίου).

Ο υποκινητής Y_A απαιτεί έναν συγκεκριμένο συνδυασμό μεταγραφικών παραγόντων ο οποίος είναι διαθέσιμος στο κύτταρο ανεξάρτητα από τα γονίδια που εξετάζονται.

Ο υποκινητής Y_B απαιτεί έναν συνδυασμό μεταγραφικών παραγόντων μέρος του οποίου είναι και ο μεταγραφικός παράγοντας που εξετάζεται στην άσκηση.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το γονίδιο του πενταπεπτιδίου ύπο τον υποκινητή Y_A θα εκφράζεται και μετά την αναστροφή. Το γονίδιο του μεταγραφικού παράγοντα μετά την αναστροφή, για να θεωρήσουμε ότι δεν εκφράζεται, θα πρέπει να υποθέσουμε ότι δε θα είναι διαθέσιμος ο σωστός συνδυασμός μεταγραφικών παραγόντων που απαιτεί ο υποκινητής Y_B (εφόσον ο ίδιος ο μεταγραφικός παράγοντας απαιτείται για την μεταγραφή του γονιδίου του).

Σημείωση: Επειδή το κύτταρο είναι ανθρώπινο και συνεπώς διπλοειδές, αν θεωρήσουμε ότι υπάρχει και άλλη γενετική θέση που ελέγχει την παραγωγή του μεταγραφικού παράγοντα που απαιτείται για τη σύνδεση της RNA πολυμεράσης στον Y_B , τότε αυτός θα παράγεται από το φυσιολογικό αλληλόμορφο και θα συνδέεται κανονικά στον υποκινητή Y_B . Άρα θα μεταγράφεται και το γονίδιο του μεταγραφικού παράγοντα υπο τον υποκινητή Y_B . Επίσης, αν δεν υπάρχει άλλη γενετική θέση (π.χ. το γονίδιο είναι φυλοσύνδετο και το άτομο που υπέστη την μετάλλαξη είναι αρσενικό), αλλά η αναστροφή έγινε ενώ υπήρχαν λίγα μόρια του μεταγραφικού παράγοντα στο κύτταρο πριν γίνει η αναστροφή, και πάλι πρέπει να γίνει δεκτό ότι εκφράζεται το γονίδιο, γιατί τα λίγα μόρια του μεταγραφικού παράγοντα θα συνδέονται στον υποκινητή οδηγώντας στη σύνθεση ξανά του μεταγραφικού παράγοντα ανακυκλώνοντας την μεταγραφή του κοκ.

Επιπλέον σε κάθε περίπτωση, αν ο μαθητής έχει γράψει ότι από την αναστροφή επηρεάζεται η 5'αμετάφραστη περιοχή του ενός γονιδίου (αυτού υπό τον υποκινητή Y_A) οδηγώντας σε mRNA που δεν μεταφράζεται, πάλι πρέπει να γίνεται δεκτή η απάντηση.

Δ3.

Οι ζητούμενες ΠΕ είναι οι: ΠΕ I και ΠΕ II.

Αιτιολόγηση:

Παρατηρώντας την αλληλουχία που μας δίνεται στην Εικόνα 2 διαπιστώνουμε ότι 4 νουκλεοτίδια από τα αριστερά προς τα δεξιά υπάρχει η αλληλουχία αναγνώρισης της ΠΕ II ενώ 5 νουκλεοτίδια από τα δεξιά προς τα αριστερά υπάρχει η αλληλουχία αναγνώρισης της ΠΕ I. Οι θέσεις αυτές επιτρέπουν την απομόνωση του τμήματος που περιέχεται μεταξύ των γραμμών K και Λ εντός των οποίων εντοπίζονται οι αλληλουχίες τόσο του γονιδίου του μεταγραφικού παράγοντα όσο και του γονιδίου του πενταπεπτιδίου (γονίδιο B).

Επίσης μεταξύ των δύο γονιδίων που διαθέτει το πλασμίδιο οι θέσεις αναγνώρισης των ΠΕ I και II βρίσκονται στην αρχή και στο τέλος αντιστοίχως του γονιδίου gfr. Επομένως η τοποθέτηση του τμήματος που περιέχει το γονίδιο B στο πλασμίδιο επιτρέπει την έκφραση του γονιδίου του πενταπεπτιδίου αφού θα βρίσκεται υπό τον έλεγχο του

υποκινητή του γονιδίου *gfr*, παρά το γεγονός ότι θα έχει τοποθετηθεί ανεστραμμένο. Ταυτόχρονα τα μετασηματισμένα βακτήρια θα είναι ανθεκτικά στην αμπικιλίνη αφού το γονίδιο ανθεκτικότητας της αμπικιλίνης στο πλασμίδιο παραμένει άθικτο.

Δ4.

Το πεπτίδιο που προκύπτει δεν είναι λειτουργικό.

Αιτιολόγηση:

Το γονίδιο εκφράζεται μεν καθώς έχει τοποθετηθεί ανεστραμμένο αλλά με το κωδικόνιο έναρξης του προς τον υποκινητή του γονιδίου *gfr* στο πλασμίδιο. Ωστόσο, επειδή τοποθετήθηκε ολόκληρο μαζί με τα εσώνια του, και δεδομένου ότι τα βακτήρια δεν διαθέτουν μηχανισμούς ωρίμανσης των mRNA τους, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να μην απομακρυνθεί το εσώνιο (εξαπλέτα) και να μεταφραστεί από τα ριβοσώματα του βακτηρίου. Επιπλέον δεδομένου ότι τα βακτήρια δεν διαθέτουν τους πολύπλοκους μηχανισμούς μετα- μεταφραστικής τροποποίησης των πρόδρομων πολύ- (ολιγο)- πεπτιδίων, δεν αναμένεται ότι θα είναι δυνατή η απομάκρυνση των επιπλέον αμινοξέων ώστε να προκύψει το επιθυμητό πενταπεπτίδιο.

Η δυνατότητα μετάφρασης του ευκαρυωτικού mRNA είναι δυνατή στα βακτήρια εξαιτίας της καθολικότητας του γενετικού κώδικα και του γεγονότος ότι τα ριβοσώματα οποιουδήποτε οργανισμού λειτουργούν ως θέσεις μετάφρασης για οποιαδήποτε mRNA.

Τις απαντήσεις επιμελήθηκαν οι καθηγητές:

Νίκη Μαργαρίτη

Αχιλλέας Μητράκας

Ευγενία Μπολανάκη

Σταύρος Στάγκος

Αθανάσιος Χατζημόσχου

Σχολιασμός:

Τα θέματα κρίνονται απαιτητικά και ως προς τον χρόνο και ως προς τον βαθμό δυσκολίας των ερωτημάτων τους, ιδιαιτέρως στο

θέμα Γ και στο θέμα Δ. Οι άριστα προετοιμασμένοι μαθητές ωστόσο μπορούσαν να τα αντιμετωπίσουν ικανοποιητικά.