

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

**ΘΕΜΑ Α**

Ερώτημα	Απάντηση
A1.	γ
A2.	γ
A3.	β
A4.	γ
A5.	δ

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.**

Αντιστοίχιση	Απάντηση
1.	β
2.	γ
3.	β
4.	β
5.	α
6.	γ

**B2.**

α. 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. Γι' αυτό η πρωτεϊνοσύνθεση είναι πραγματικά μία διαδικασία μετάφρασης από τη γλώσσα των βάσεων στη γλώσσα των αμινοξέων.

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 αποτελείται από DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων και από οκτώ μόρια πρωτεϊνών, που ονομάζονται ιστόνες. Το DNA είναι τυλιγμένο γύρω από το οκταμερές των ιστονών.

γ. Χαρτογράφηση είναι ο προσδιορισμός της θέσης των γονιδίων πάνω στα χρωμοσώματα.



**ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ**

### B3.

Η γενετική ποικιλομορφία σε έναν αμφιγονικά αναπαραγόμενο οργανισμό προκύπτει από περισσότερους του ενός μηχανισμούς:

- Ανεξάρτητος συνδυασμός των χρωμοσωμάτων κατά τη μείωση I, που δημιουργεί νέους συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων και άρα νέους συνδυασμούς γονιδίων.
- Επιχiasμός ανάμεσα στις μη αδελφές χρωματίδες των ομόλογων χρωμοσωμάτων κατά την πρόφαση I της μείωσης.
- Τυχαίος συνδυασμός γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, καθώς οποιοδήποτε σπερματοζώαριο μπορεί να γονιμοποιήσει οποιοδήποτε ωάριο.
- Μεταλλάξεις, που δημιουργούν νέα αλληλόμορφα γονίδια και εμπλουτίζουν τη γενετική δεξαμενή των πληθυσμών.

Η γενετική ποικιλομορφία 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 από άλλους, 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

EST.1993

### Γ1.

Αρχικά, από τα δεδομένα της F2 γενιάς προκύπτει αναλογία θηλυκών προς αρσενικά 1:1, επομένως δεν υπάρχει φυλοσύνδετο θνησιγόνο αλληλόμορφο. Παρατηρείται όμως φαινοτυπική διαφορά ανάμεσα στα θηλυκά και στα αρσενικά της F2 γενιάς, συνεπώς η παραγωγή του ενός ενζύμου ελέγχεται από φυλοσύνδετο γονίδιο. Εφόσον ισχύει ο 2ος νόμος του Mendel, δεν είναι δυνατόν και τα δύο γονίδια να είναι φυλοσύνδετα. Έπειτα από διερεύνηση προκύπτει ότι η παραγωγή του ενζύμου E1 ελέγχεται από αυτοσωμικό επικρατές αλληλόμορφο και η παραγωγή του ενζύμου E2 από φυλοσύνδετο επικρατές αλληλόμορφο.

A: αλληλόμορφο για παραγωγή E1

a: αλληλόμορφο για μη παραγωγή E1

X<sup>B</sup>: αλληλόμορφο για παραγωγή E2

X<sup>b</sup>: αλληλόμορφο για μη παραγωγή E2

P: ααX<sup>B</sup>X<sup>B</sup> × AAx<sup>b</sup>y

Γαμέτες: αX<sup>B</sup> × AX<sup>b</sup>, AY

F1: AαX<sup>B</sup>X<sup>b</sup> και Aαx<sup>b</sup>Y (όλα πορτοκαλί)

Διασταύρωση F1: AαX<sup>B</sup>X<sup>b</sup> × Aαx<sup>b</sup>Y

Γαμέτες θηλυκού: AX<sup>B</sup>, AX<sup>b</sup>, αX<sup>B</sup>, αX<sup>b</sup>

Γαμέτες αρσενικού: AX<sup>B</sup>, AY, αX<sup>B</sup>, αY

	$A X^B$	$A X^b$	$a X^B$	$a X^b$
$A X^B$	$AA X^B X^B$	$AA X^B X^b$	$Aa X^B X^B$	$Aa X^B X^b$
$A Y$	$AA X^B Y$	$AA X^b Y$	$Aa X^B Y$	$Aa X^b Y$
$a X^B$	$Aa X^B X^B$	$Aa X^B X^b$	$aa X^B X^B$	$aa X^B X^b$
$a Y$	$Aa X^B Y$	$Aa X^b Y$	$aa X^B Y$	$aa X^b Y$

### Φαινοτυπική αναλογία F2:

- 6/16 θηλυκά με πορτοκαλί χρώμα πτερώματος
- 2/16 θηλυκά με κίτρινο χρώμα πτερώματος
- 3/16 αρσενικά με πορτοκαλί χρώμα πτερώματος
- 3/16 αρσενικά με κόκκινο χρώμα πτερώματος
- 1/16 αρσενικά με κίτρινο χρώμα πτερώματος
- 1/16 αρσενικά με λευκό χρώμα πτερώματος

### Γ2.

P:  $a X^B X^B \times AA X^b Y$

Η γονική γενιά αποτελείται από κίτρινο θηλυκό και κόκκινο αρσενικό.

F1:  $Aa X^B X^b \times Aa X^B Y$

Τα άτομα της F1 γενιάς είναι πορτοκαλί.

### Γ3.

Η ασθένεια κληρονομείται με φυλοσύνδετο υπολειπόμενο τύπο κληρονομικότητας. Θέτουμε:

$X^A$ : φυσιολογικό επικρατές αλληλόμορφο

$X^a$ : υπολειπόμενο αλληλόμορφο που ελέγχει την ασθένεια

Μη αναμενόμενο φαινότυπο εμφανίζουν τα άτομα II4 και III1.

Το άτομο II4 είναι άρρεν και υγιές, επομένως φαινοτυπικά θα αναμενόταν να έχει γονότυπο  $XAY$ . Εφόσον όμως η μητέρα του πάσχει, θα έπρεπε να του μεταβιβάσει υποχρεωτικά το υπολειπόμενο αλληλόμορφο  $Xa$  και άρα το άτομο II4 θα έπρεπε να πάσχει. Συνεπώς ο φαινότυπός του είναι μη αναμενόμενος.

Το άτομο III1 είναι θήλυ και πάσχει, επομένως θα έπρεπε να έχει λάβει υπολειπόμενο αλληλόμορφο από κάθε γονέα. Ο πατέρας της όμως είναι υγιής και θα έχει γονότυπο  $XAY$ , οπότε θα έπρεπε να της μεταβιβάσει το φυσιολογικό αλληλόμορφο  $XA$ . Άρα και ο φαινότυπος της III1 είναι μη αναμενόμενος.

### Γ4.

II4:  $X^A X^a Y$  - τρισωμία XXY, σύνδρομο Klinefelter

Ο ανιχνευτής A υβριδοποιείται δύο φορές με το κεντρομερίδιο των μεταφασικών χρωμοσωμάτων X, επομένως το άτομο φέρει δύο φυλετικά χρωμοσώματα X. Ο ανιχνευτής B υβριδοποιείται δύο φορές με το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο στη μετάφαση, επομένως το άτομο φέρει ένα X με το υπολειπόμενο αλληλόμορφο. Συνεπώς ο γονότυπός του είναι  $XAXaY$ .

III1:  $X^a X^-$

Ο ανιχνευτής A υβριδοποιείται δύο φορές με το κεντρομερίδιο των μεταφασικών χρωμοσωμάτων X, επομένως το άτομο φέρει δύο φυλετικά χρωμοσώματα X. Ο ανιχνευτής B υβριδοποιείται δύο φορές με το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο στη μετάφαση, επομένως φέρει μόνο ένα υπολειπόμενο μεταλλαγμένο αλληλόμορφο. Επειδή το άτομο πάσχει, στο άλλο X δεν υπάρχει το φυσιολογικό επικρατές αλληλόμορφο· άρα ο γονότυπός του είναι  $XaX^-$ .

## Γ5.

II4:  $X^A X^{aY}$

Το άτομο προέκυψε από μη φυσιολογικό ζυγωτό με αριθμητική χρωμοσωμική ανωμαλία. Φυσιολογικό ωάριο με ένα φυλετικό χρωμόσωμα  $Xa$  γονιμοποιήθηκε από μη φυσιολογικό σπερματοζωάριο με δύο φυλετικά χρωμοσώματα  $XAY$ , λόγω μη διαχωρισμού των φυλετικών χρωμοσωμάτων στη μειωτική διαίρεση I του πατέρα.

III1:  $X^a X$

Το άτομο φέρει δομική χρωμοσωμική ανωμαλία και συγκεκριμένα έλλειψη τμήματος του χρωμοσώματος  $X$  που φέρει το επικρατές αλληλόμορφο  $XA$ . Το άτομο προήλθε από μη φυσιολογικό ζυγωτό, το οποίο προέκυψε από φυσιολογικό ωάριο με  $Xa$  και μη φυσιολογικό σπερματοζωάριο, στο οποίο συνέβη είτε έλλειψη του χρωμοσωμικού τμήματος που φέρει το επικρατές  $XA$  είτε μετατόπισή του σε μη ομόλογο χρωμόσωμα που δεν κληροδοτήθηκε στο άτομο III1.

## ΘΕΜΑ Δ

### Δ1.

- α. Αλυσίδα I: αριστερά 5' άκρο και δεξιά 3' άκρο. Αλυσίδα II: αριστερά 3' άκρο και δεξιά 5' άκρο.  
β. Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου A, που κωδικοποιεί τον μεταγραφικό παράγοντα MA, είναι η αλυσίδα I. Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου B, που κωδικοποιεί το φαρμακευτικό πεπτίδιο, είναι η αλυσίδα II.  
γ. Το ασυνεχές γονίδιο είναι το γονίδιο B.

### Δ2.

Το τμήμα μεταξύ των σημείων K και Λ αποσπάται και επανασυνδέεται μετά από αναστροφή. Κατά την επανασύνδεση δημιουργούνται 3'-5' φωσφοδιεστερικοί δεσμοί στα δύο σημεία σύνδεσης. Έτσι προκύπτει η εξής αλληλουχία:

5' -CCGGCTGCAGATGTTTCTAAAAGGGGTTTCATTAACGAATTCCTCCGGG-3'  
3' -GGCCGACGTCTACAAAGATTTTCCCAAGTAATTGCTTAAGGGCCC-5'

Μετά την αναστροφή, το γονίδιο B τίθεται υπό τον έλεγχο του υποκινητή A και θα εκφράζεται κανονικά, εφόσον ο υποκινητής A είναι ενεργός. Αντίθετα, το γονίδιο A, που κωδικοποιεί τον μεταγραφικό παράγοντα MA, τίθεται υπό τον έλεγχο του υποκινητή B και δεν θα μπορεί να εκφραστεί, επειδή για την ενεργοποίηση του υποκινητή B απαιτείται ο ίδιος ο μεταγραφικός παράγοντας MA.

### Δ3.

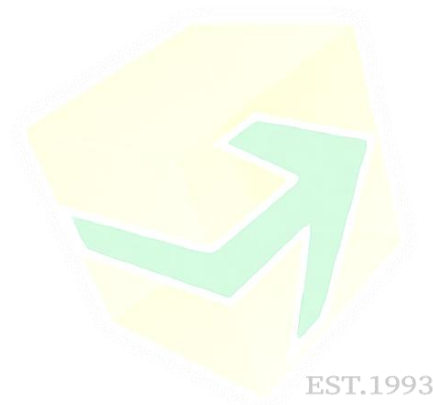
Για την ενσωμάτωση του φυσιολογικού τμήματος DNA, ώστε να εκφραστεί το γονίδιο της φαρμακευτικής πρωτεΐνης, θα χρησιμοποιηθούν οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες I και II. Το γονίδιο θα ενσωματωθεί στο πλασμίδιο μέσα στο γονίδιο *gfr*, μόνο με έναν προσανατολισμό, λόγω των διαφορετικών μονόκλωνων άκρων που αφήνουν οι δύο ενδονουκλεάσες.

Ο διαχωρισμός των μετασχηματισμένων από τα μη μετασχηματισμένα βακτήρια θα γίνει με καλλιέργεια παρουσία αμπικιλίνης. Τα μετασχηματισμένα βακτήρια με ανασυνδυασμένο πλασμίδιο θα διακρίνονται από την απουσία πράσινης φθορίζουσας χρωστικής μετά από έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, επειδή η ενσωμάτωση του γονιδίου καταστρέφει το *gfr*. Τα μετασχηματισμένα βακτήρια με μη ανασυνδυασμένο πλασμίδιο θα εμφανίζουν πράσινη φθορίζουσα χρωστική.

Αν χρησιμοποιούνταν η περιοριστική ενδονουκλεάση III, η ένθεση θα κατέστρεφε το γονίδιο ανθεκτικότητας στην αμπικιλίνη, οπότε οι αντίστοιχοι βακτηριακοί κλώνοι δεν θα αναπτύσσονταν σε θρεπτικό υλικό με αμπικιλίνη.

**Δ4.**

Το πεπτίδιο που παράγεται δεν θα είναι λειτουργικό, επειδή το γονίδιο Β ενσωματώνεται μαζί με το εσώνιο του. Τα βακτήρια δεν διαθέτουν μηχανισμούς ωρίμανσης του mRNA, επομένως το εσώνιο δεν θα αποκοπεί, θα μεταφραστεί και θα παραχθεί επταπεπτίδιο αντί για το φυσιολογικό πενταπεπτίδιο. Τα δύο επιπλέον αμινοξέα θα οδηγήσουν σε διαφορετική στερεοδιάταξη και άρα σε μη λειτουργικό ή διαφορετικά λειτουργικό πεπτίδιο.

**ΤΕΛΟΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ**

ΧΡΥΣΗ ΤΟΜΗ