

# ΛΥΣΕΙΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ- Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

## Κεφάλαια 2 & 4

13 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2025

(Οι σελίδες δίνονται με βάση το βοήθημα)

### ΘΕΜΑ Α

A1. δ

A2. γ

A3. α

A4. β

A5. γ

### ΘΕΜΑ Β

B1. α → 3/ β → 2/ γ → 2/ δ → 3/ ε → 4/ στ → 1

B2.

| Στέλεχος | Κύριο DNA  | Πλασμίδιο  | Παρουσία μόνο λακτόζης |                | Επιβιώνει |
|----------|--|--|------------------------|----------------|-----------|
|          |  |  | β-γαλακτοσιδάση        | Τρανσακετυλάση |           |
| 1        | P <sup>+</sup> Y <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Z <sup>+</sup> A <sup>+</sup> | P <sup>+</sup> Y <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Z <sup>+</sup> A <sup>+</sup> | ✓                      | ✓              | ΝΑΙ       |
| 2        | P <sup>+</sup> Y <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Z <sup>-</sup> A <sup>-</sup> | P <sup>+</sup> Y <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Z <sup>-</sup> A <sup>+</sup> | -----                  | -----          | ΟΧΙ       |
| 3        | P <sup>-</sup> Y <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Z <sup>+</sup> A <sup>+</sup> | P <sup>+</sup> Y <sup>+</sup> X <sup>+</sup> Z <sup>+</sup> A <sup>+</sup> | ✓                      | ✓              | ΝΑΙ       |

Δεν απαιτούνταν στην απάντηση της άσκησης

Στο **στέλεχος 1** όλα τα στοιχεία είναι φυσιολογικά και τα δομικά γονίδια εκφράζονται παρουσία μόνο λακτόζης.

Στο **στέλεχος 2**, είναι μεταλλαγμένα τα δομικά γονίδια στο οπερόνιο του κύριου μορίου DNA ενώ στο οπερόνιο του πλασμιδίου είναι μεταλλαγμένος ο υποκινητής

β) Στο **στέλεχος 3** παρουσία μόνο λακτόζης γίνεται έκφραση των δομικών γονιδίων και από τα δύο οπερόνια. Συγκεκριμένα το **ρυθμιστικό γονίδιο** που παράγει την **πρωτεΐνη καταστολέα** η οποία προσδένεται στον χειριστή. Παρά το γεγονός ότι το **ρυθμιστικό γονίδιο του οπερονίου του κυρίου DNA είναι μεταλλαγμένο**, ο καταστολέας που παράγεται από το **οπερόνιο του πλασμιδίου** προσδένεται στο χειριστή και των δύο οπερονίων. Έτσι, η **ρύθμιση είναι απόλυτα φυσιολογική**. Το στέλεχος 3 επιβιώνει καθώς μπορεί να διασπάσει τη λακτόζη.

B3. Περιοχές του DNA του ευκαρυωτικού κυττάρου που μεταγράφονται αλλά δε μεταφράζονται είναι:

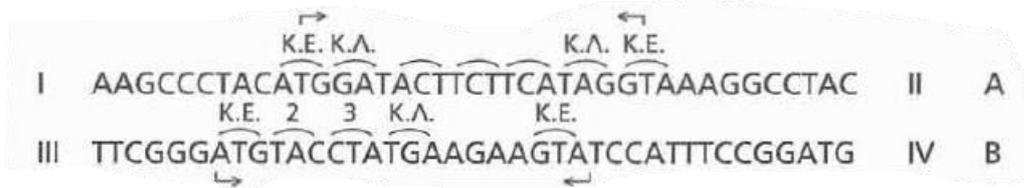
- Η περιοχή του γονιδίου που αντιστοιχεί στην 5' αμετάφραστη περιοχή.
- Η περιοχή του γονιδίου που αντιστοιχεί στην 3' αμετάφραστη περιοχή.
- Η περιοχή του γονιδίου που αντιστοιχεί σε εσώνιο.
- Η περιοχή του γονιδίου που αντιστοιχεί στο κωδικόνιο λήξης.
- Τα γονίδια που κωδικοποιούν tRNA.
- Τα γονίδια που κωδικοποιούν rRNA.
- Τα γονίδια που κωδικοποιούν snRNA.

## ΘΕΜΑ Γ

**Γ1. α)** Ο υποκινητής είναι περιοχή του DNA που βρίσκεται πριν την αρχή του γονιδίου, στην οποία ενώνεται, με τη βοήθεια μεταγραφικών παραγόντων, η RNA πολυμεράση. Η RNA πολυμεράση συνθέτει RNA με κατεύθυνση  $5' \rightarrow 3'$ , συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο της μη κωδικής αλυσίδας. Έτσι, στην πλευρά που βρίσκεται ο υποκινητής η κωδική αλυσίδα έχει το  $5'$  άκρο της και η μη κωδική αλυσίδα το  $3'$  άκρο της. Στο συγκεκριμένο γονίδιο κωδική είναι η κάτω αλυσίδα και το rRNA έχει αλληλουχία  $5' \dots \text{ACUGAACGGAUCCAG} \dots 3'$

**β)** Ο όρος κωδικόνιο, εκτός από το mRNA, αναφέρεται και στην κωδική αλυσίδα του γονιδίου. Ελέγχοντας τις δύο αλυσίδες του γονιδίου A και B και από τις δύο κατευθύνσεις, παρατηρούμε ότι η A αλυσίδα εμφανίζει κωδικόνιο έναρξης και από τα δυο της άκρα, και μάλιστα πηγαίνοντας με βήμα τριπλέτας, με συνεχή και μη επικαλυπτόμενο τρόπο, εμφανίζει και από το άκρο I και από το άκρο II πέντε κωδικόνια που κωδικοποιούν αμινοξύ μέχρι το κωδικόνιο λήξης που και στις δύο περιπτώσεις είναι το  $5' \text{TAG} 3'$ .

Η B αλυσίδα εμφανίζει επίσης κωδικόνιο έναρξης και από τα δυο άκρα της, ωστόσο ξεκινώντας από το III άκρο σχηματίζεται τριπεπτίδιο και όχι πενταπεπτίδιο, ενώ ξεκινώντας από το IV άκρο δε συναντάμε κωδικόνιο λήξης. Άρα αποκλείεται η B αλυσίδα να είναι η κωδική, και επομένως κωδική αλυσίδα είναι η A.



Ωστόσο, για να τοποθετήσουμε σωστά το  $5'$  και  $3'$  άκρα στην αλυσίδα A, χρειάζεται να εντοπίσουμε εκείνη την  $5'$  αμετάφραστη περιοχή που θα έχει αλληλουχία από πέντε συνεχόμενα νουκλεοτίδια ώστε να είναι συμπληρωματική και αντιπαράλληλη με την αντίστοιχη περιοχή του rRNA της μικρής ριβοσωμικής υπομονάδας. Για τον σκοπό αυτό διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

**Περίπτωση 1<sup>η</sup>:** Έστω ότι το  $5'$  άκρο της A αλυσίδας είναι το I. Τότε η αντίστοιχη  $5'$  αμετάφραστη περιοχή της κωδικής αλυσίδας θα ήταν:  $5' \text{AAGCCCTAC} 3'$ .

Η αλληλουχία αυτή στο αντίστοιχο mRNA είναι:  $5' \text{AAGCCCUAC} 3'$  και δεν εμφανίζει συμπληρωματικότητα και αντιπαράλληλία με το τμήμα των πέντε νουκλεοτιδίων στο rRNA. Επομένως, η περίπτωση αυτή **δεν είναι δεκτή**.

**Περίπτωση 2<sup>η</sup>:** Έστω ότι το  $5'$  άκρο της A αλυσίδας είναι το II. Τότε η αντίστοιχη  $5'$  αμετάφραστη περιοχή της κωδικής αλυσίδας είναι:  $5' \text{CATCCGGAA} 3'$ , που στο mRNA που παράγεται αντιστοιχεί με την αλληλουχία:  $5' \text{CAUCCG} \text{GAA} 3'$ , η οποία πράγματι εμφανίζει συμπληρωματικότητα με το rRNA:  $3' \dots \text{GACC} \text{UAGGC} \text{AAGUCA} 5'$ .

Οι δύο αλυσίδες του DNA είναι πάντα συμπληρωματικές και αντιπαράλληλες και το mRNA που παράγεται από τη μεταγραφή της μη κωδικής αλυσίδας (B) είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο μ' αυτήν. Επίσης, η αλληλουχία του mRNA

που παράγεται είναι ίδια με την αλληλουχία της κωδικής (A) του γονιδίου, με τη διαφορά ότι στο mRNA στη θέση της T βρίσκεται η U.

Με βόσπ τα παραπάνω, τα άκρα στο γονίδιο είναι: I → 3', II → 5', III → 5' και IV → 3', ενώ η αλληλουχία του παραγόμενου mRNA είναι:

5' CAUCCGGAAAUG-GAU-ACU-UCU-UCA-UAGGUACAUCCCGAA 3'.

γ) Το tRNA που εισέρχεται στην αντίστοιχη θέση εισδοχής της μεγάλης ριβοσωμικής υπομονάδας στο ριβόσωμα μετά την απομάκρυνση του πρώτου tRNA που μετέφερε τη μεθειονίνη είναι αυτό που μεταφέρει το **τρίτο αμινοξύ**. Δηλαδή, είναι το τρίτο κατά σειρά προσέγγισης tRNA το οποίο συνδέεται μέσω του αντικωδικονίου του, που είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με το τρίτο κωδικόνιο του mRNA. Το τρίτο κωδικόνιο του mRNA είναι το **5' ACU 3'** και άρα το αντίστοιχο αντικωδικόνιο στο τρίτο tRNA είναι το **3' UGA 5'**.

Το tRNA παράγεται από τη μεταγραφή της μη κωδικής αλυσίδας του γονιδίου που το κωδικοποιεί, η οποία είναι **συμπληρωματική** και **αντιπαράλληλη**. Συνεπώς, η αντίστοιχη τριπλέτα του αντικωδικονίου στο tRNA, στη **μη κωδική αλυσίδα** του γονιδίου, είναι **5' ACT 3'**. Η τριπλέτα αυτή εντοπίζεται στην αλυσίδα α του γονιδίου που κωδικοποιεί το tRNA. Επομένως, τα 5' και 3' άκρα του γονιδίου είναι:

5' ...CTAGCACTGCATCT... 3' αλυσίδα α  
3' ...GATCGTGACGTAGA... 5' αλυσίδα β

δ) Το πενταπεπτίδιο που σχηματίζεται είναι:

**H<sub>2</sub>N-μεθειονίνη-ασπαρτικό οξύ-θρεονίνη-σερίνη-σερίνη-COOH**

Στο παραγόμενο πεπτίδιο, το πρώτο αμινοξύ έχει ελεύθερη αμινομάδα, ενώ το τελευταίο έχει ελεύθερη καρβοξυλομάδα.

Γ2. α) Στο σχήμα παρατηρούμε ένα κυκλικό μόριο DNA το οποίο έχει αποδιαταχθεί από το ένζυμο RNA πολυμεράση και **μεταγράφεται** σε mRNA, το οποίο με τη σειρά του **μεταφράζεται** από ένα πολύσωμα που αποτελείται από 3 ριβοσώματα. Επίσης παρατηρούμε ότι από τη μοναδική θέση έναρξης της αντιγραφής (Θ.Ε.Α.) έχει ξεκινήσει και η **αντιγραφή**, γιατί έχει ήδη δημιουργηθεί θηλειά αντιγραφής. Επειδή έχουμε κυκλικό μόριο DNA το οποίο μεταγράφεται και μεταφράζεται ταυτόχρονα, μπορεί να πρόκειται για **κυρίως γενετικό υλικό βακτηρίου**.

**Αν ο μαθητής απαντήσει πλασμίδιο να θεωρηθεί σωστό γιατί τα περισσότερα πλασμίδια αντιγράφονται με αυτόν τον τρόπο άλλα όχι όλα, γεγονός όμως που δεν γνωρίζει ο μαθητής. Αν ο μαθητής απαντήσει ότι μπορεί να αποτελεί μόριο DNA μιτοχονδρίου ή χλωροπλάστη ευκαρυωτικού κυττάρου, τα οποία γνωρίζουμε ότι είναι κυκλικά, να θεωρηθεί σωστό αν και επιστημονικά είναι λανθασμένο αλλά ο μαθητής δεν το γνωρίζει.**

β) Τα 1, 2 και 3 είναι ριβοσώματα τα οποία μεταφράζουν το mRNA, που παράγεται από την μεταγραφή και παράγουν πολυπεπτιδική αλυσίδα. Η μετάφραση έχει ξεκινήσει από το X άκρο του mRNA, **οπότε το ριβόσωμα 3 είναι 1ο και έχει μεταφράσει το μεγαλύτερο τμήμα του mRNA** και έχει παράγει και την περισσότερη πολυπεπτιδική αλυσίδα. **(Δεν απαιτείται όλη η αιτιολόγηση)**

γ) Γνωρίζουμε ότι το ριβόσωμα προσδέεται στην 5' αμετάφραστη περιοχή για να ξεκινήσει την μετάφραση, κινούμενο κατά την επιμήκυνση προς το 3' άκρο του mRNA. **Επομένως στο X είναι το 5' άκρο του mRNA.** Παρατηρούμε ότι η RNA πολυμεράση μεταγράφει την εξωτερική αλυσίδα η οποία επομένως είναι η μεταγραφόμενη. Η RNA πολυμεράση τοποθετεί τα ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια της αλυσίδας του DNA σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων και τα συνδέει με 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. Η μεταγραφή έχει δηλαδή προσανατολισμό 5'→3' και για να τηρηθεί ο κανόνας συμπληρωματικότητας και αντιπαράλληλης, η μεταγραφόμενη αλυσίδα θα μεταγράφεται από το 3' άκρο της προς το 5' άκρο της. Επομένως η εξωτερική αλυσίδα έχει προσανατολισμό 5'→3' αριστερόστροφα, ενώ η εσωτερική αλυσίδα που είναι αντιπαράλληλη της εξωτερικής έχει προσανατολισμό 5'→3' δεξιόστροφα.

δ) Στη θηλιά, η αντιγραφή γίνεται ταυτόχρονα προς όλες τις κατευθύνσεις και από τα τέσσερα τμήματα, τα δύο αντιγράφονται συνεχώς και τα άλλα δύο ασυνεχώς. Η αντιγραφή γίνεται πάντα με προσανατολισμό 5'→3' οπότε η μητρική αλυσίδα αντιγράφεται από το 3' άκρο της προς το 5' άκρο. Έτσι οι αλυσίδες που θα έχουν το 3' άκρο τους στη Θ.Ε.Α. θα αντιγράφονται συνεχώς και στο σημείο αυτό τα πριμοσώματα θα δημιουργήσουν τα πρωταρχικά τμήματα RNA, προκειμένου αυτά, στη συνέχεια, να επιμηκυνθούν από τις DNA πολυμεράσες. Στο συγκεκριμένο μόριο η εξωτερική αλυσίδα δεξιά της Θ.Ε.Α. έχει το 3' άκρο της σε αυτή, οπότε θα αντιγράφεται συνεχώς, ενώ η εσωτερική αλυσίδα έχει το 3' άκρο της αριστερά της Θ.Ε.Α. και θα αντιγράφεται και αυτή συνεχώς. Το πρωταρχικό τμήμα που θα συντεθεί κατά την έναρξη της αντιγραφής από το πριμόσωμα στην εξωτερική αλυσίδα, δεξιά της Θ.Ε.Α. θα είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο των 5 πρώτων νουκλεοτιδίων της εξωτερικής αλυσίδας και θα έχει ως αζωτούχες βάσεις **5'ACGUA3'**. Ομοίως το πρωταρχικό τμήμα για την εσωτερική αλυσίδα αριστερά της Θ.Ε.Α. θα έχει ως αζωτούχες βάσεις **5'AUCGA3'**.

#### **ΘΕΜΑ Δ**

**Δ1.** Στο γονίδιο α παρατηρούμε ότι η **περιοριστική ενδονουκλεάση E** έχει μία αλληλουχία αναγνώρισης μετά τον υποκινητή του, συνεπώς δεν συμπεριλαμβάνεται στην αλληλουχία που θα μεταφερθεί στο πλασμίδιο. Επιπλέον, στο πλασμίδιο κόβει σε θέση που δεν επηρεάζει τον υποκινητή του γονιδίου.

Αντίθετα, η **περιοριστική ενδονουκλεάση N** κόβει το γονίδιο α σε θέσεις που να συμπεριλαμβάνουν τον υποκινητή του. Στο πλασμίδιο κόβει σε σημείο του υποκινητή, **απενεργοποιώντας τον.** Η επιλογή της N αποκλείστηκε, επειδή η ενσωμάτωση του γονιδίου α με τον δικό του υποκινητή στο πλασμίδιο δεν θα καθιστούσε εφικτή την μεταγραφή, άρα και την έκφρασή του, αφού ο υποκινητής του ευκαρυωτικού κυττάρου απαιτεί πολύ συγκεκριμένο συνδυασμό μεταγραφικών παραγόντων να συνδεθεί σε αυτόν για να αρχίσει η RNA πολυμεράση την μεταγραφή. Αυτοί οι μεταγραφικοί παράγοντες δεν υπάρχουν στο βακτήριο στο οποίο θα εισέλθει το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο.

**Δ2) i)** Η DNA δεσμάση. **ii)** Η περιοριστική ενδονουκλεάση E που χρησιμοποιήθηκε για τον ανασυνδυασμό του πλασμιδίου έχει αλληλουχία αναγνώρισης **μέσα στο γονίδιο για την παραγωγή γαλάζιας χρωστικής**. Τα **ανασυνδυασμένα πλασμίδια** λοιπόν έχουν **ανενεργό το γονίδιο αυτό** και οι αποικίες που δημιουργούν τα μετασχηματισμένα βακτήρια με ανασυνδυασμένα πλασμίδια είναι **λευκές**. Αυτά τα βακτήρια περιέχουν το γονίδιο α, το οποίο εκφράζεται και παράγει το πεπτίδιο. Αντίθετα, τα μη ανασυνδυασμένα πλασμίδια έχουν ενεργό το γονίδιο για τη γαλάζια χρωστική και οι αποικίες που δημιουργούν τα μετασχηματισμένα βακτήρια με μη ανασυνδυασμένα πλασμίδια είναι γαλάζιες.

**Δ3) α)** Σε όλες τις αποικίες το άθροισμα των μεγεθών των θραυσμάτων είναι 20.000ζ.β. Άρα, το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο έχει μήκος 20.000ζ.β. Το μήκος του γονιδίου α που μπήκε στο πλασμίδιο είναι 4.500 ζ.β, οπότε το μήκος του πλασμιδίου πριν τον ανασυνδυασμό είναι **15.500ζ.β.**

**β)** Οι **αποικίες 2 και 3 δεν είναι κατάλληλες** για την παραγωγή του πεπτιδίου από το γονίδιο α, ενώ **οι αποικίες 1 και 4 είναι κατάλληλες**.

Στις πρώτες **(2,3)** το γονίδιο α έχει ενσωματωθεί στο πλασμίδιο με την περιοχή E1-R κοντά στην θέση αναγνώρισης της E, ενώ η περιοχή αυτή θα έπρεπε να είναι κοντά στον υποκινητή του γονιδίου L. Έτσι δημιουργούνται τα θραύσματα 4.000 και 16.000ζ.β, αφού συνδυάζονται τα 1.000ζ.β του γονιδίου με τα 15.000ζ.β του πλασμιδίου και τα 3.500ζ.β του γονιδίου με τα 500ζ.β του πλασμιδίου, από τις δύο θέσεις αναγνώρισης της R.

Στις δεύτερες **(1,4)** η τοποθέτηση του γονιδίου α είναι με την περιοχή E1-R κοντά στον υποκινητή του γονιδίου L, μετά από αναστροφή του τμήματος του α. Έτσι, μεταγράφεται η σωστή αλληλουχία του γονιδίου και παράγεται το πεπτίδιο. Η τοποθέτηση του γονιδίου αποδεικνύεται από τα θραύσματα που δημιουργούνται καθώς συνδυάζονται τα 1.000 ζ.β του γονιδίου με τα 500 ζ.β του πλασμιδίου και τα 3.500 ζ.β του γονιδίου με τα 15.000ζ.β του πλασμιδίου, από τις δύο θέσεις αναγνώρισης της R.

**γ)** Μία πιθανή εξήγηση που το πεπτίδιο δεν είναι βιολογικά λειτουργικό είναι η αδυναμία των βακτηρίων να πραγματοποιήσουν **μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις**. Αυτές, σε κάποιες περιπτώσεις είναι απαραίτητες για να αποκτήσει η πρωτεΐνη την λειτουργική της μορφή. Έτσι, στην περίπτωση που δεν γίνονται, παράγονται τα πεπτίδια χωρίς να καθίστανται όμως βιολογικά λειτουργικά.