

ΤΑΞΗ: Γ΄ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ: ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ: ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ημερομηνία: Σάββατο 13 Ιανουαρίου 2018
Διάρκεια Εξέτασης: 3 ώρες

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

A1 – δ, A2 – γ, A3 – δ, A4 – δ, A5 – α

ΘΕΜΑ Β

B1. α. Γονίδια, β. Ασυνεχή, γ. Ωριμο mRNA, δ. Μετάφραση, ε. snRNA

B2. 1 → β, 2 → γ, 3 → γ, 4 → α, 5 → α, 6 → β

B3.

Η τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA περιλαμβάνει όλες τις τεχνικές που οδηγούν σε μεταφορά του γενετικού υλικού από τον ένα οργανισμό στον άλλο. Τα στάδια της διαδικασίας αυτής είναι:

- Η κατασκευή του ανασυνδυασμένου DNA. Για το σκοπό αυτό το ολικό DNA από έναν οργανισμό δότη απομονώνεται, κόβεται ενζυματικά με ειδικά ένζυμα, τις περιοριστικές ενδονουκλεάσες, και ενώνεται με ένα φορέα κλωνοποίησης. Ο φορέας κλωνοποίησης είναι ένα μόριο DNA, π.χ. πλασμίδιο ή DNA φάγων, το οποίο μπορεί να αυτοδιπλασιάζεται ανεξάρτητα μέσα σε ένα κύτταρο-ξενιστή όπως ένα βακτήριο. Το DNA που δημιουργείται είναι ανασυνδυασμένο.
- Η μεταφορά του ανασυνδυασμένου μορίου DNA σε ένα κύτταρο-ξενιστή. Η εισαγωγή του DNA σε βακτηριακό κύτταρο-ξενιστή ονομάζεται μετασηματισμός.

- Η επιλογή και απομόνωση των κυττάρων-ξενιστών. Στο στάδιο αυτό τα κύτταρα-ξενιστές που έχουν προσλάβει το ανασυνδυασμένο DNA επιλέγονται από εκείνα που δεν το έχουν προσλάβει. Κάθε βακτήριο που προσλαμβάνει ένα μόνο μόριο ανασυνδυασμένου DNA πολλαπλασιάζεται και παράγει μια αποικία που αποτελεί ένα βακτηριακό κλώνο. Είναι φανερό ότι με την παραπάνω διαδικασία παράγονται χιλιάδες κλώνοι, που ο καθένας περιέχει ένα ανασυνδυασμένο μόριο DNA διαφορετικό από τους υπόλοιπους κλώνους.
- Η επιλογή ενός βακτηριακού κλώνου που περιέχει το επιθυμητό τμήμα DNA. Αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια ειδικών μορίων ανιχνευτών.

B4.

- i. Ένα αρσενικό άτομο θα διαθέτει σε κάθε σωματικό του κύτταρο (διπλοειδές) 46 χρωμοσώματα. Από αυτά τα 44 θα είναι τα αυτοσωμικά και τα 2 τα φυλετικά του χρωμοσώματα (XY). Καθώς, σε κάθε ζεύγος χρωμοσωμάτων, το ένα χρωμόσωμα θα είναι πατρικής και το άλλο μητρικής προέλευσης, το άτομο αυτό θα έχει κληρονομήσει 23 χρωμοσώματα από κάθε γονέα (από το ωάριο και το σπερματοζωάριο που αποτελούν απλοειδή κύτταρα). Έτσι, το άτομο αυτό από τη μητέρα του έχει κληρονομήσει 23 χρωμοσώματα (22 αυτοσωμικά + X).
- ii. Αντίστοιχα, το άτομο αυτό θα έχει κληρονομήσει από τον πατέρα του 23 χρωμοσώματα (22 αυτοσωμικά + Y).
- iii. Στο γονιδίωμα της μητέρας του ατόμου αυτού, θα υπάρχουν επίσης 46 χρωμοσώματα, τα μισά εκ των οποίων είναι μητρικής και τα μισά πατρικής προέλευσης. Από τα δύο αντίγραφα του κάθε χρωμοσώματος, η μητέρα έχει κληροδοτήσει στο αρσενικό άτομο το ένα, χωρίς να γνωρίζουμε αν αυτό προέρχεται από τον πατέρα ή τη μητέρα της (η μητέρα αυτή από τους γονείς της έχει κληρονομήσει από ένα X φυλετικό χρωμόσωμα). Συμπερασματικά, ο ελάχιστος αριθμός χρωμοσωμάτων που μπορεί να κληρονομήσει το άτομο από τη μητέρα της μητέρας του είναι 0 και ο μέγιστος 23.
- iv. Αντίστοιχα, ο ελάχιστος αριθμός χρωμοσωμάτων που μπορεί να κληρονομήσει το άτομο από τον πατέρα της μητέρας του είναι 0 και ο μέγιστος 23.
- v. Ο πατέρας του αρσενικού ατόμου έχει επίσης κληρονομήσει 23 χρωμοσώματα από καθένα εκ των γονιών του και συγκεκριμένα 22 αυτοσωμικά και ένα X χρωμόσωμα από τη μητέρα του και 22 αυτοσωμικά

και ένα Y χρωμόσωμα από τον πατέρα του. Από τα δύο αντίγραφα του κάθε αυτοσωμικού χρωμοσώματος, ο πατέρας έχει κληροδοτήσει στο αρσενικό άτομο το ένα, χωρίς να γνωρίζουμε αν αυτό προέρχεται από τον πατέρα ή τη μητέρα του. Το φυλετικό χρωμόσωμα όμως που κληροδότησε στο αρσενικό άτομο είναι το Y, το οποίο σαφώς είναι πατρικής προέλευσης. Συμπερασματικά, ο ελάχιστος αριθμός χρωμοσωμάτων που μπορεί να κληρονομήσει το άτομο από τη μητέρα του πατέρα του είναι 0 και ο μέγιστος 22.

- vi. Αντίστοιχα, ο ελάχιστος αριθμός χρωμοσωμάτων που μπορεί να κληρονομήσει το άτομο από τον πατέρα του πατέρα του είναι 1 (το Y χρωμόσωμα) και ο μέγιστος 23.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.

- α. Μία **γονιδιωματική βιβλιοθήκη** αποτελείται από το σύνολο των βακτηριακών κλώνων που περιέχουν το συνολικό DNA ενός οργανισμού δότη.
- β. Αν θέλουμε να κλωνοποιήσουμε μόνο τα γονίδια που εκφράζονται σε συγκεκριμένα κύτταρα, τότε κατασκευάζουμε τις cDNA βιβλιοθήκες. Οι cDNA βιβλιοθήκες είναι ένα σύνολο βακτηριακών κλώνων που περιέχουν αντίγραφα των mRNA όλων των γονιδίων που εκφράζονται στα κύτταρα αυτά και έχουν το πλεονέκτημα απομόνωσης μόνο των αλληλουχιών των γονιδίων που μεταφράζονται σε αμινοξέα, δηλαδή των εξονίων.

Γ2.

- α. Σύμφωνα με βιοχημικά δεδομένα που υπήρχαν ακόμα και πριν την οριστική επιβεβαίωση πως το DNA είναι το γενετικό υλικό, η ποσότητα του DNA είναι κατά κανόνα ανάλογη με την πολυπλοκότητα του οργανισμού. Συνήθως όσο εξελικτικά πιο ανώτερος είναι ένας οργανισμός τόσο περισσότερο DNA περιέχει σε κάθε κύτταρό του.

Γνωρίζουμε πως κατά τη διάρκεια της μεσόφασης και πριν την αντιγραφή του DNA, το γενετικό υλικό βρίσκεται με τη μορφή ινιδίων χρωματίνης, με μικρό βαθμό συσπείρωσης, τα οποία σχηματίζουν δίκτυο. Κάθε χρωμόσωμα αντιπροσωπεύεται από ένα μόριο DNA. Κατά τη διάρκεια της μετάφασης τα χρωμοσώματα βρίσκονται συσπειρωμένα στη μορφή των χρωματίδων και

κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες, και άρα δύο μόρια DNA. Οπότε, ένα μεταφασικό κύτταρο έχει διπλάσια ποσότητα γενετικού υλικού από ένα μεσοφασικό κύτταρο πριν την αντιγραφή.

Για να είναι άρα η σύγκριση του γενετικού υλικού των δύο οργανισμών αξιόπιστη θα πρέπει να υπολογίσουμε την ποσότητα του γενετικού υλικού είτε σε μεταφασικά κύτταρα του πειραματόζωου Α (όπου είναι $8 \cdot 10^9$ ζεύγη βάσεων), είτε σε μεσοφασικά κύτταρα πριν την αντιγραφή του πειραματόζωου Β (όπου είναι $6 \cdot 10^8$ ζεύγη βάσεων). Σε κάθε περίπτωση, η σύγκριση μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως το γενετικό υλικό του πειραματόζωου Α είναι μεγαλύτερο από αυτό του πειραματόζωου Β. Άρα, ο γενετιστής με βάση αυτό το κριτήριο, θα πρέπει να συμπεράνει πως το πειραματόζωο Α είναι κατά πάσα πιθανότητα πιο πολύπλοκο από το πειραματόζωο Β.

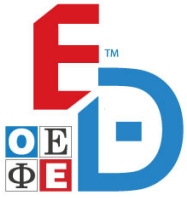
- β. Γνωρίζουμε πως οι γαμέτες κάθε οργανισμού είναι απλοειδείς, και συγκεκριμένα περιέχουν μια χρωματίδα από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων, άρα περιέχουν τη μισή ποσότητα γενετικού υλικού σε σχέση με τα μεσοφασικά κύτταρα πριν την αντιγραφή.

Έτσι, οι γαμέτες του πειραματόζωου Α θα περιέχουν DNA μήκους $2 \cdot 10^9$ ζευγών βάσεων και του πειραματόζωου Β $3 \cdot 10^8$ ζευγών βάσεων.

Γ3.

- Γονίδια που κωδικοποιούν τις ιστόνες και τα άλλα είδη πρωτεϊνών που συμμετέχουν στην αναδίπλωση του γενετικού υλικού.
- Γονίδια που μεταγράφονται για την παραγωγή tRNA, rRNA, snRNA.
- Γονίδια που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες που συνδέονται με rRNA για τον σχηματισμό του ριβοσώματος
- Γονίδια που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες που συνδέονται με snRNA για τον σχηματισμό των ριβονουκλεοπρωτεϊνικών σωματιδίων.
- Γονίδια που κωδικοποιούν ένζυμα που συμμετέχουν στις διαδικασίες της αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης.
- Γονίδια που κωδικοποιούν τους μεταγραφικούς παράγοντες των παραπάνω γονιδίων.
- Μιτοχονδριακά γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες για τη λειτουργία της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης.)

- Γ4. Στο συγκεκριμένο είδος φυτού μπορούμε να εντοπίσουμε, σε ότι αφορά το χρώμα του άνθους, τρεις διαφορετικούς φαινοτύπους: λευκό, κόκκινο ή

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2018**
Α' ΦΑΣΗ**E_3.Bλ3Θ(α)**

κίτρινο. Καθώς κανένας από αυτούς τους φαινοτύπους δεν είναι ενδιάμεσος στους άλλους δύο, μπορούμε να αποκλείσουμε την περίπτωση της ατελώς επικρατούς κληρονομικότητας. Επιπλέον, καθώς δεν παρατηρείται ταυτόχρονη έκφραση δύο εκ των τριών παραπάνω φαινοτύπων, αποκλείεται επίσης και η περίπτωση της συνεπικρατούς κληρονομικότητας. Συμπερασματικά, πρόκειται για πολλαπλά αλληλόμορφα γονίδια.

Έστω Λ , λ και λ' τα γονίδια που είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση της λευκής, κίτρινης και κόκκινης χρωστικής στο άνθος, αντίστοιχα .

Εφόσον από τη διασταύρωση μεταξύ δύο φυτών με λευκά άνθη προκύπτουν απόγονοι με κίτρινα άνθη, προκύπτει το συμπέρασμα πως το γονίδιο Λ είναι επικρατές στο γονίδιο λ . Επιπλέον, εφόσον από τη διασταύρωση μεταξύ δύο φυτών με κίτρινα άνθη προκύπτουν απόγονοι με κόκκινα άνθη, προκύπτει το συμπέρασμα πως το γονίδιο λ είναι επικρατές στο γονίδιο λ' .

Για τις παρακάτω διασταυρώσεις ισχύει ο πρώτος νόμος του Mendel, ο νόμος του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων. Σύμφωνα με το νόμο αυτό, κατά τη μείωση τα ομόλογα χρωμοσώματα, άρα και τα αλληλόμορφα γονίδια, μοιράζονται σε ίση αναλογία στους γαμέτες. Οι απόγονοι προκύπτουν από τον τυχαίο συνδυασμό αυτών των γαμετών.

Συμβολισμός

Λ : γονίδιο για την σύνθεση της λευκής χρωστικής
 λ : γονίδιο για την σύνθεση της κίτρινης χρωστικής
 λ' : γονίδιο για την σύνθεση της κόκκινης χρωστικής

Αυτοσωμικά
 $\Lambda > \lambda > \lambda'$

1^η διασταύρωση (μεταξύ φυτών με λευκά άνθη)

P: $\Lambda\lambda(x)\Lambda\lambda$

Γαμ.: $\Lambda, \lambda- \Lambda, \lambda$

Οι πιθανοί απόγονοι του τυχαίου συνδυασμού των γαμετών αυτών φαίνονται στο παρακάτω τετράγωνο του Punnett:

F₁:

♀ ♂	Λ	λ
Λ	ΛΛ Λευκά	Λλ Λευκά
λ	Λλ Λευκά	λλ κίτρινα

Γονοτυπική αναλογία: 1 (ΛΛ) : 2 (Λλ) : 1 (λλ)

Φαινοτυπική αναλογία: 3 (λευκά άνθη) : 1 (κίτρινα άνθη)

2^η διασταύρωση (μεταξύ φυτών με λευκά άνθη)

P: Λλ(x)Λλ'

Γαμ.: Λ, λ- Λ, λ'

Οι πιθανοί απόγονοι του τυχαίου συνδυασμού των γαμετών αυτών φαίνονται στο παρακάτω τετράγωνο του Punnett:

F₁:

♀ ♂	Λ	λ
Λ	ΛΛ Λευκά	Λλ Λευκά
λ'	Λλ' Λευκά	λλ' κίτρινα

Γονοτυπική αναλογία: 1 (ΛΛ) : 1(Λλ) : 1 (Λλ') : 1 (λλ')

Φαινοτυπική αναλογία: 3 (λευκά άνθη) : 1 (κίτρινα άνθη)

3^η διασταύρωση (μεταξύ φυτών με κίτρινα άνθη)

P: λλ'(x)λλ'

Γαμ.: λ, λ' - λ, λ'

Οι πιθανοί απόγονοι του τυχαίου συνδυασμού των γαμετών αυτών φαίνονται στο παρακάτω τετράγωνο του Punnett:

F₁:

♀ ♂	λ	λ'
λ	λλ Κίτρινα	λλ' Κίτρινα
λ'	λλ' Κίτρινα	λ'λ' κόκκινα

Γονοτυπική αναλογία: 1 (λλ) : 2 (λλ') : 1 (λ'λ')

Φαινοτυπική αναλογία: 3 (κίτρινα άνθη) : 1 (κόκκινα άνθη)

4^η διασταύρωση (μεταξύ φυτών με κόκκινα άνθη)

P: λ'λ'(x)λ'λ'

Γαμ.: λ' - λ'

F₁: λ'λ'

Φαινοτυπική αναλογία: 100% κόκκινα άνθη

- Δ2. Μικρό ασυνεχές γονίδιο θα περιέχεται στο 2^ο τμήμα καθώς θα πρέπει στη μία εκ των δύο αλυσίδων να υπάρχει ταυτόχρονα κωδικόνιο έναρξης και λήξης.

Έστω μη κωδική η 2^η αλυσίδα:

Διεύθυνση μεταγραφής
←

5' – CTGTTTCATGACACAACCGGTAAG CAT CGGTC – 3'

Πρόδρομο mRNA:

5' – GACCG- AUG -CUU-ACCGGUU-GUG-UCA- UGA -AACAG- 3'

Συγκρίνοντας τα κωδικόνια του πρόδρομου mRNA με τα αμινοξέα που θα πρέπει να έχει το πεπτίδιο βρίσκουμε τη σειρά των κωδικονίων και το εσώνιο.

- α. Ο όρος κωδικόνιο δεν αφορά μόνο το mRNA αλλά και το γονίδιο από το οποίο παράγεται. Ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας, δηλαδή μια τριάδα νουκλεοτιδίων, το κωδικόνιο, κωδικοποιεί ένα αμινοξύ.
- β. Το πρώτο κωδικόνιο του mRNA είναι το 5' – AUG – 3' (κωδικόνιο έναρξης που κωδικοποιεί τη μεθειονίνη). Επομένως, πριν από αυτό υπάρχει η 5' αμετάφραστη περιοχή, ενώ μετά από αυτό, με βήμα τριπλέτας (συνεχής και μη επικαλυπτόμενος γενετικός κώδικας) – με εξαίρεση τις αζωτούχες βάσεις των εσωνίων, αν το γονίδιο είναι ασυνεχές – συναντάμε το κωδικόνιο λήξης 5' – UAA – 3' ή 5' – UAG – 3' ή 5' – UGA – 3' και ακολουθεί στη συνέχεια η 3' αμετάφραστη περιοχή.
- γ. Λόγω συμπληρωματικότητας και αντιπαλληλίας, η μη κωδική αλυσίδα έχει την εξής σειρά αλληλουχιών: αλληλουχία αζωτούχων βάσεων που με τη μεταγραφή δίνει τη 5' αμετάφραστη περιοχή του mRNA – τριπλέτα 3' – TAC – 5', που με τη μεταγραφή δίνει το κωδικόνιο έναρξης (5' – AUG – 3') – υπόλοιπες τριπλέτες εξωνίων και ενδιάμεσες αλληλουχίες εσωνίων, αν το γονίδιο είναι ασυνεχές – τριπλέτα 3' – ATT – 5' ή 3' – ATC – 5' ή 3' – ACT – 5', που με τη μεταγραφή δίνει κωδικόνιο λήξης (5' – UAA – 3' ή 5' – UAG – 3' ή 5' – UGA – 3') – αλληλουχία αζωτούχων βάσεων που με τη μεταγραφή δίνει την 3' αμετάφραστη περιοχή του mRNA.
- δ. Η μη κωδική αλυσίδα του γονιδίου αρχίζει να μεταγράφεται από το 3' άκρο προς το 5' άκρο και έτσι προκύπτει mRNA με προσανατολισμό 5' → 3'.

- ε. Κατά την έναρξη της μεταγραφής ενός γονιδίου, η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή... Η μεταγραφή έχει προσανατολισμό 5' → 3'. (σελ. 36, 37 σχολικού).

Η μετάφραση του mRNA είναι η αντιστοίχιση των κωδικονίων του mRNA σε αμινοξέα και η διαδοχική σύνδεση των αμινοξέων σε πολυπεπτιδική αλυσίδα. Εξαίρεση αποτελούν τα κωδικόνια λήξης.

- Με βάση τον γενετικό κώδικα (κώδικας τριπλέτας), σε κάθε κωδικόνιο του mRNA αντιστοιχεί και ένα αμινοξύ. Εξαίρεση αποτελεί το κωδικόνιο λήξης.
- Τα αμινοξέα μεταφέρονται στα ριβοσώματα με τα μεταφορικά RNA και συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς.
- Η πολυπεπτιδική αλυσίδα που δημιουργείται έχει ως πρώτο αμινοξύ τη μεθειονίνη, με ελεύθερη την αμινομάδα (H_2N-), ενώ το τελευταίο αμινοξύ έχει ελεύθερη την καρβοξυλική ομάδα ($-COOH$).

5' αμετάφραστη περιοχή: 5' –GACCG – 3'

3' αμετάφραστη περιοχή: 5' –AACAG– 3'

Εσώνιο: 5' –ACCGGUU – 3'

1^ο εξώνιο: 5' –GACCG–**AUG**–CUU – 3'

2^ο εξώνιο: 5' –GUG–UCA–**UGA**–AACAG– 3'

Κωδικόνιο λήξης: 5' –UGA – 3'

Μη κωδική δε μπορεί να είναι η πρώτη αλυσίδα γιατί στο πρόδρομο mRNA που θα προέκυπτε με την μεταγραφή δε περιέχονται τα κωδικόνια που κωδικοποιούν τα αμινοξέα του πεπτιδίου.

Δ3. Ωριμο mRNA:

5' – GACCG–**AUG**–CUU–GUG–UCA–UGA–AACAG– 3'

Όταν ένα γονίδιο που περιέχει εσώνια μεταγράφεται, δημιουργείται το πρόδρομο mRNA που περιέχει και εξώνια και εσώνια. Το πρόδρομο mRNA μετατρέπεται σε mRNA με τη διαδικασία της ωρίμανσης, κατά την οποία τα εσώνια κόβονται από μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά «σωματίδια» και απομακρύνονται. Τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια αποτελούνται από

snRNA και από πρωτεΐνες και λειτουργούν ως ένζυμα: κόβουν τα εσώνια και συρράπτουν τα εξώνια μεταξύ τους. Έτσι σχηματίζεται το «ώριμο» mRNA. (σελ. 37, 38 σχολικού)

- Δ4. Τα αντικωδικόνια των tRNA με τη σειρά που θα πάρουν μέρος στη μετάφραση είναι:

3' – UAC 5', 3' – GAA – 5', 3' – CAC – 5', 3' – AGU – 5'.

Κάθε tRNA έχει μια ειδική τριπλέτα νουκλεοτιδίων, το αντικωδικόνιο, με την οποία προσδέεται λόγω συμπληρωματικότητας με το αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA. Η επιμήκυνση σταματά σ' ένα κωδικόνιο λήξης επειδή δεν υπάρχει tRNA που να αντιστοιχεί σ' αυτό.

- Τα αντικωδικόνια των tRNA είναι συμπληρωματικά και αντιπαράλληλα με τα κωδικόνια του mRNA.
- Στο κωδικόνιο λήξης δεν αντιστοιχεί αντικωδικόνιο, αφού αυτό δεν κωδικοποιεί αμινοξύ.
- Επειδή κάθε αντικωδικόνιο ανήκει και σε διαφορετικό tRNA, τα αντικωδικόνια δεν ενώνονται μεταξύ τους, οπότε το καθένα ξεχωριστά έχει μπροστά ελεύθερο το 3' άκρο ενώ στο τέλος ελεύθερο το 5' άκρο.

- Δ5.

- Το γονίδιο ανήκει σε ευκαρυωτικό οργανισμό ή σε ιό που προσβάλλει ευκαρυωτικό οργανισμό γιατί είναι ασυνεχές.
- Οι διαδικασίες είναι: μεταγραφή, ωρίμανση και μετάφραση.
- Η μεταγραφή και η ωρίμανση πραγματοποιούνται στον πυρήνα και η μετάφραση στο κυτταρόπλασμα (ριβοσώματα).