

ΒΙΟΛΟΓΙΑ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
19 ΙΟΥΝΙΟΥ 2018
ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

- A1: δ
A2: β
A3: α
A4: α
A5: β

ΘΕΜΑ Β

B1. 1 – γ, 2 – β, 3 – γ, 4 – α, 5 – γ, 6 – γ, 7 - β

B2. Το pH επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Οι περισσότεροι αναπτύσσονται σε pH 6-9. Υπάρχουν όμως μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε διαφορετικό pH, όπως είναι τα βακτήρια του γένους *Lactobacillus*, που αναπτύσσονται σε pH 4-5. Έτσι ο ρυθμός ανάπτυξης Β ανήκει στο γένος *Lactobacillus*.

B3. Το είδος της μετάλλαξης είναι έλλειψη χρωμοσωμικού τμήματος από το μικρό βραχίονα του 5^{ου} χρωμοσώματος.
Η έλλειψη είναι η απώλεια γενετικού υλικού. Το σύνδρομο φωνή της γάτας (cri-du-chat) οφείλεται στην έλλειψη ενός τμήματος από το χρωμόσωμα 5. Το σύνδρομο ονομάζεται έτσι, γιατί το κλάμα των νεογέννητων που πάσχουν μοιάζει με το κλάμα της γάτας (cri-du-chat). Τα άτομα που πάσχουν από το συγκεκριμένο σύνδρομο εμφανίζουν διανοητική καθυστέρηση.

B4. Θραύσματα ίσου μήκους θα προκύψουν στις περιπτώσεις α και δ και διαφορετικού μήκους στις περιπτώσεις β και γ.

Οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες παράγονται από βακτήρια και ο φυσιολογικός τους ρόλος είναι να τα προστατεύουν από την εισβολή «ξένου» DNA. Οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες αναγνωρίζουν ειδικές αλληλουχίες 4-8 νουκλεοτιδίων στο δίκλωνο DNA. Μία από τις περιοριστικές ενδονουκλεάσες που χρησιμοποιείται ευρέως είναι η EcoRI που απομονώθηκε από το βακτήριο *Escherichia coli*. Το ένζυμο αυτό όποτε συναντά την αλληλουχία: 5'-G A A T T C-3'



στο γονιδίωμα, κόβει κάθε αλυσίδα μεταξύ του G και του A (με κατεύθυνση 5'→3') αφήνοντας μονόκλινα άκρα από αζευγάρωτες βάσεις στα κομμένα άκρα.

Με το τέλος της αντιγραφής κάθε ινίδιο χρωματίνης έχει διπλασιαστεί. Τα δύο αντίγραφα κάθε ινιδίου συνδέονται μεταξύ τους με μία δομή που ονομάζεται κεντρομερίδιο. Ο όρος αδελφές χρωματίδες χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα κατά το χρονικό διάστημα που είναι συνδεδεμένα στο κεντρομερίδιο. Επομένως οι αδελφές χρωματίδες είναι δύο πανομοιότυπα μόρια DNA κι έτσι θα διαθέτουν ίσες φορές την αλληλουχία



Ο όρος κλώνος αναφέρεται σε μια ομάδα πανομοιότυπων μορίων, κυττάρων ή οργανισμών. Έτσι οι δύο βακτηριακοί κλώνοι θα έχουν το ίδιο ακριβώς DNA και όπως και παραπάνω θα διαθέτουν ίσες φορές την αλληλουχία



Τα δύο γονίδια που κωδικοποιούν διαφορετικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες αποτελούν διαφορετικά τμήματα DNA. Επίσης τα διαφορετικά πλασμίδια αποτελούν διαφορετικά μόρια DNA κι έτσι θα διαθέτουν διαφορετικές φορές την αλληλουχία



ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Το είδος του βιβλιοθήκης με το οποίο θα εργαστούμε είναι η γονιδιωματική βιβλιοθήκη. Αυτό γιατί η γονιδιωματική βιβλιοθήκη περιέχει το συνολικό DNA του οργανισμού δότη. Αντίθετα οι cDNA βιβλιοθήκες 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.

Γνωρίζουμε ότι τα γονίδια που μεταγράφονται σε tRNA μεταγράφονται αλλά δε μεταφράζονται. Συνεπώς τα ευκαρυωτικά γονίδια που μεταγράφονται σε tRNA μπορούν να εντοπιστούν μόνο στη γονιδιωματική βιβλιοθήκη και όχι στη cDNA.

Γ2. Γνωρίζουμε ότι τα αντικωδικόνια των tRNA είναι συμπληρωματικά και αντιπαράλληλα των κωδικονίων του mRNA. Το κωδικόνιο λήξης δεν κωδικοποιεί κανένα αμινοξύ και δεν έχει αντίστοιχο αντικωδικόνιο.

Επομένως το αντικωδικόνιο $3\text{' CCC }5\text{'}$ θα προσδεθεί στο κωδικόνιο του mRNA $5\text{' GGG }3\text{'}$ που κωδικοποιεί τη γλυκίνη, ενώ το τροποποιημένο αντικωδικόνιο $3\text{' ACC }5\text{'}$ θα προσδεθεί στο κωδικόνιο του mRNA $5\text{' UGG }3\text{'}$. Το τροποποιημένο tRNA εξακολουθεί να μεταφέρει το αμινοξύ γλυκίνη, εφόσον το μόνο που άλλαξε είναι η περιοχή του αντικωδικονίου.

Γνωρίζουμε ότι τόσο η κωδική αλυσίδα του DNA όσο και το mRNA, είναι συμπληρωματικά προς τη μεταγραφόμενη αλυσίδα του DNA. Έτσι, η μόνη τους διαφορά είναι ότι όπου στην κωδική αλυσίδα υπάρχει T στο mRNA υπάρχει U.

Εφόσον το κωδικόνιο έναρξης του mRNA είναι το AUG με κατεύθυνση $5\text{' AUG }3\text{'}$, το αντίστοιχο κωδικόνιο στην κωδική αλυσίδα του DNA θα είναι το ATG και θα έχει κατεύθυνση $5\text{' ATG }3\text{'}$. Επίσης, εφόσον τα κωδικόνια λήξης του mRNA είναι τα $5\text{'$

UAG 3' ή 5' UGA 3' ή 5' UAA 3', τα αντίστοιχα κωδικόνια στην κωδική αλυσίδα του DNA θα είναι τα 5' TAG 3' ή 5' TGA 3' ή 5' TAA 3'. Τέλος, οι βάσεις ανάμεσα στο κωδικόνιο έναρξης και το κωδικόνιο λήξης θα πρέπει να διαβάζονται ανά τριάδες (κώδικας τριπλέτας), συνεχόμενα χωρίς να παραλείπεται κάποιο νουκλεοτίδιο (συνεχής), καθώς κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει σε μία μόνο τριπλέτα (μη επικαλυπτόμενος). Συνεπώς τόσο στο γονίδιο α όσο και στο γονίδιο β, η κωδική αλυσίδα θα έχει κατεύθυνση 5' → 3' από δεξιά προς τα αριστερά.

Η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή με τη βοήθεια μεταγραφικών παραγόντων και προσθέτει συμπληρωματικά ριβονουκλεοτίδια έναντι των δεοξυριβονουκλεοτιδίων της μη κωδικής αλυσίδας ενώνοντάς τα με 3' - 5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. Απέναντι από A προσθέτει U, απέναντι από T προσθέτει A και απέναντι από G προσθέτει C και αντίστροφα.

Το mRNA συντίθεται με κατεύθυνση 5' → 3' με μεταγραφή της μη κωδικής αλυσίδας με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας και της αντιπαραλληλίας.

Το mRNA που θα προκύψει από το γονίδιο α είναι το ακόλουθο:

5' AAUAUGCCGGGCCAUGAAUA 3'

Το mRNA που θα προκύψει από το γονίδιο β είναι το ακόλουθο:

5' AAUAUGCCGUGGCCAUGAAUA 3'

Συνεπώς από την έκφραση του γονιδίου β μπορούν να παραχθούν δύο πεπτίδια.

Το πρώτο πεπτίδιο που θα παραχθεί θα έχει την αλληλουχία:

NH₂ - μεθειονίνη - προλίνη - γλυκίνη - προλίνη - COOH

Βέβαια εάν θεωρήσουμε ότι στο κωδικόνιο 5' UGG 3' εκτός από το τροποποιημένο tRNA μπορεί να προσδεθεί και κάποιο φυσιολογικό tRNA που διαθέτει το βακτήριο και μεταφέρει το αμινοξύ τρυπτοφάνη, τότε το 2^ο πεπτίδιο θα είναι το: NH₂ - μεθειονίνη - προλίνη - τρυπτοφάνη - προλίνη - COOH)

Από την έκφραση του γονιδίου α θα παραχθούν 2 αμινοξέα η μεθειονίνη και η προλίνη.

Γ3. Οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες παράγονται από βακτήρια και ο φυσιολογικός τους ρόλος είναι να τα προστατεύουν από την εισβολή «ξένου» DNA. Οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες αναγνωρίζουν ειδικές αλληλουχίες 4-8 νουκλεοτιδίων στο δίκλωνο DNA. Μία από τις περιοριστικές ενδονουκλεάσες που χρησιμοποιείται ευρέως είναι η EcoRI που απομονώθηκε από το βακτήριο *Escherichia coli*. Το ένζυμο αυτό σπάνει εναντί της αλληλουχίας: 5'-G A A T T C-3'

3'-C T T A A G-5'

στο γονιδίωμα, κόβει κάθε αλυσίδα μεταξύ του G και του A (με κατεύθυνση 5'→3') αφήνοντας μονόκλινα άκρα από αζευγάρωτες βάσεις στα κομμένα άκρα.

Συνεπώς η EcoRI θα κόψει μέσα στο γονίδιο ανθεκτικότητας στην τετρακυκλίνη κι έτσι θα καταστραφεί η ιδιότητα της ανθεκτικότητας στο αντιβιοτικό αυτό. Επομένως τα βακτήρια που θα δεχθούν το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο θα έχουν ανθεκτικότητα στο αντιβιοτικό αμικιλίνη, τα βακτήρια που θα δεχθούν το μη ανασυνδυασμένο πλασμίδιο θα έχουν ανθεκτικότητα και στα δύο αντιβιοτικά και τα βακτήρια που δε θα έχουν δεχθεί κανένα πλασμίδιο δε θα έχουν καμία ανθεκτικότητα. Έτσι τα βακτήρια

που δε θα δεχθούν κανένα πλασμίδιο θα καταστραφούν με οποιοδήποτε από τα δύο αντιβιοτικά. Επομένως για να μπορέσουμε να διακρίνουμε τα βακτήρια που δέχθηκαν το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο από αυτά που δέχθηκαν το μη ανασυνδυασμένο πλασμίδιο θα χρησιμοποιήσουμε το αντιβιοτικό τετρακυκλίνη. Αυτό γιατί εφόσον καλλιεργηθούν σε στερεό θρεπτικό υλικό και σχηματίσουν αποικίες, τα βακτήρια που καταστρέφονται θα προέχονται μόνο από τις αποικίες βακτηρίων που έχουν μετασηματισθεί με το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο.

ΘΕΜΑ Δ

Δ1α. Εφόσον οι θηλυκοί και οι αρσενικοί απόγονοι είναι περίπου ίσοι αποκλείουμε την περίπτωση θνησιγόνου φυλοσύνδετου γονιδίου.

Με βάση τη φαινοτυπική αναλογία των απογόνων διαπιστώνουμε ότι τόσο γονίδιο που καθορίζει το χρώμα του σώματος όσο και το γονίδιο που καθορίζει το μήκος της ουράς μπορεί να κληρονομείται τόσο με αυτοσωμικό όσο και με φυλοσύνδετο τρόπο.

Δίνονται παρακάτω οι σχέσεις των αλληλομόρφων γονιδίων

Τα γονίδια μπορούν να εδράζονται σε

- i) δύο διαφορετικά ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων,
- ii) ένα ζευγάρι αυτοσωμικών και ένα φυλετικών (διακρίνονται δύο περιπτώσεις):
 - α) τα γονίδια που ελέγχουν το χρώμα τριχώματος σε αυτοσωμικό χρωμόσωμα και αυτά που ελέγχουν το μήκος ουράς σε φυλετικό
 - β) τα γονίδια που ελέγχουν το χρώμα τριχώματος σε φυλετικό χρωμόσωμα και αυτά που ελέγχουν το μήκος ουράς σε αυτοσωμικό.

Περίπτωση i) δύο διαφορετικά ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων

Συμβολισμός Αλληλομόρφου	Ιδιότητα που ελέγχει το αλληλόμορφο	Πιθανοί γονότυποι
M:	Επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα	MM, Mm
m:	Υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το λευκό	mm
K:	Επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την μακριά ουρά	KK, Kk
k:	Υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την κοντή ουρά	kk

Εφόσον προκύπτουν απόγονοι με το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό και για τις δύο ιδιότητες συμπεραίνουμε ότι κληρονόμησαν από ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο

γονίδιο από τους δύο γονείς τους. Επίσης από τη φαινοτυπική αναλογία των απογόνων (1:1), διαπιστώνουμε ότι το ένα άτομο της πατρικής γενιάς, το θηλυκό, θα είναι ετερόζυγο ενώ το άλλο, το αρσενικό, θα είναι ομόζυγο για το υπολειπόμενο.

Περίπτωση ii α) τα γονίδια που ελέγχουν το χρώμα τριχώματος σε αυτοσωμικό χρωμόσωμα και αυτά που ελέγχουν το μήκος ουράς σε φυλετικό

Συμβολισμός Αλληλομόρφου	Ιδιότητα που ελέγχει το αλληλόμορφο	Πιθανοί γονότυποι
M:	Επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα	MM, Mμ
μ:	Υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το λευκό	μμ
X^K:	Επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την μακριά ουρά	X^KX^K, X^KX^k, X^KY
X^k:	Υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την κοντή ουρά	X^kX^k, X^kY

Αφού το φύλο στο έντομο καθορίζεται όπως και στον άνθρωπο, συνεπώς η παρουσία του Y φυλετικού χρωμοσώματος καθορίζει το αρσενικό άτομο και η απουσία του το θηλυκό. Επομένως τα αρσενικά άτομα θα έχουν XY φυλετικά χρωμοσώματα και τα θηλυκά XX.

Όπως γνωρίζουμε τα αρσενικά άτομα κληρονομούν το X φυλετικό χρωμόσωμα από τη μητέρα τους και το Y από τον πατέρα τους.

Σ' αυτή την περίπτωση προκύπτουν απόγονοι αρσενικοί τόσο με μακριά όσο και κοντή ουρά, άρα ο θηλυκός γονέας θα είναι ετερόζυγος, ενώ από το γεγονός ότι προκύπτουν και απόγονοι (και των δύο φύλων) με λευκό χρώμα τριχώματος, ο θηλυκός γονέας θα είναι επίσης ετερόζυγος για αυτό το ζεύγος αλληλομόρφων.

Περίπτωση ii β) τα γονίδια που ελέγχουν το χρώμα τριχώματος σε φυλετικό χρωμόσωμα και αυτά που ελέγχουν το μήκος ουράς σε αυτοσωμικό.

Συμβολισμός Αλληλομόρφου	Ιδιότητα που ελέγχει το αλληλόμορφο	Πιθανοί γονότυποι
X^M:	Επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα	X^MX^M, X^MX^m,

X^μ:	Υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το λευκό	X^M Y X^μX^μ, X^μY
K:	Επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την μακριά ουρά	KK, Kκ
κ:	Υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την κοντή ουρά	κκ

Σ' αυτή την περίπτωση προκύπτουν απόγονοι αρσενικοί τόσο με μαύρο όσο και με άσπρο χρώμα τριχώματος, άρα ο θηλυκός γονέας θα είναι ετερόζυγος, ενώ από το γεγονός ότι προκύπτουν και απόγονοι (και των δύο φύλων) με κοντή ουρά, ο θηλυκός γονέας θα είναι επίσης ετερόζυγος γι' αυτό το ζεύγος αλληλόμορφων.

Δ1β. Με βάση τα παραπάνω ο θηλυκός γονέας με φαινότυπο μαύρο χρώμα και μακριά ουρά μπορεί να έχει τους εξής γονότυπους:

i) περίπτωση αυτοσωμικών: **MμKκ**, ετερόζυγο και για τις δύο ιδιότητες.

iiα) περίπτωση που τα γονίδια που ελέγχουν το χρώμα τριχώματος σε αυτοσωμικό χρωμόσωμα και αυτά που ελέγχουν το μήκος ουράς σε φυλετικό, ο θηλυκός γονέας θα είναι ετερόζυγος και για τα δύο ζεύγη αλληλομόρφων αφού προκύπτουν αρσενικοί με κοντή ουρά και απόγονοι (ανεξαρτήτως φύλου) με λευκό χρώμα. Άρα:

Mμ X^KX^κ

iiβ) τα γονίδια που ελέγχουν το χρώμα τριχώματος σε φυλετικό χρωμόσωμα και αυτά που ελέγχουν το μήκος ουράς σε αυτοσωμικό, ο θηλυκός γονέας θα είναι ετερόζυγος και για τα δύο ζεύγη αλληλομόρφων αφού προκύπτουν αρσενικοί με μαύρο χρώμα και απόγονοι (ανεξαρτήτως φύλου) με κοντή ουρά. Άρα:

Kκ X^MX^μ

Δ1γ) Οι αντίστοιχες διασταυρώσεις είναι:

i) **MμKκ x μμκκ**

Γονείς: *θηλυκός:* MμKκ (x) *Αρσενικός:* MμKκ
Γαμέτες: MK, Mκ, μK, μκ MK, Mκ, μK, μκ

	MK	Mκ	μK	μκ
MK	MMKK	MMKκ	MμKK	MμKκ
Mκ	MMKκ	MMκκ	MμKκ	Mμκκ
μK	MμKK	MμKκ	μμKK	μμKκ
μκ	MμKκ	Mμκκ	μμKκ	μμκκ

iiα) $M\mu X^K X^K \times \mu\mu X^K Y$

Γονείς: $M\mu X^K X^K$ (×) $\mu\mu X^K Y$
 Γαμέτες: $MX^K, \mu X^K, \mu X^K$ $\mu X^K, \mu Y$

	MX^K	MX^K	μX^K	μX^K
μX^K	$MMX^K X^K$	$M\mu X^K X^K$	$\mu\mu X^K X^K$	$\mu\mu X^K X^K$
μY	$M\mu X^K Y$	$M\mu X^K Y$	$\mu\mu X^K Y$	$\mu\mu X^K Y$

iiβ) $Kk X^M X^m \times kk X^m Y$

Γονείς: $Kk X^M X^m$ (×) $kk X^m Y$
 Γαμέτες: KX^M, KX^m, kX^M, kX^m kX^m, kY

	$K X^M$	$K X^m$	$k X^M$	$k X^m$
$k X^m$	$K k X^M X^m$	$K k X^m X^m$	$kk X^M X^m$	$kk X^m X^m$
$k Y$	$Kk X^M Y$	$Kk X^m Y$	$kk X^M Y$	$kk X^m Y$

Δ2. Γνωρίζουμε ότι τα γονίδια που κωδικοποιούν την πολυπεπτιδική αλυσίδα α είναι διπλά, δηλαδή υπάρχουν δύο γονίδια α σε κάθε ομόλογο χρωμόσωμα.

Ο άνδρας θα έχει γονότυπο $aa/a-$. Η γυναίκα μπορεί να έχει γονότυπο $aa/-$ ή $a-/a-$.

Ωστόσο από το πρώτο παιδί το οποίο έχει μόνο ένα γονίδιο για την α – πολυπεπτιδική αλυσίδα, διαπιστώνουμε ότι η μητέρα του δε θα του έδωσε κανένα α γονίδιο.

Επομένως ο γονότυπος της μητέρας θα είναι $aa/-$.

Διασταύρωση: P: $aa/a- \times aa/-$

Γαμ: $aa, a-$ $aa, --$

F1: $aa/aa, aa/-$, $aa/a-$, $a/--$

Η πιθανότητα να έχει φυσιολογικό γονότυπο είναι $1/4$ ή 25% .

Η πιθανότητα να έχει φυσιολογικό φαινότυπο είναι $1/4$ ή 25% .

Δ3. Τα φυτά και τα ζώα που έχουν υποστεί γενετική αλλαγή με τη χρήση των τεχνικών Γενετικής Μηχανικής ονομάζονται διαγονιδιακά ή γενετικά τροποποιημένα. Εάν συμβολίσουμε το γονίδιο που κωδικοποιεί την τοξίνη ως A τότε το πρώτο φυτό που φέρει το γονίδιο σ' ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα του 1^{ου} ζεύγους θα έχει γονότυπο 1^A 1⁻ 4⁻ 4⁻. Το δεύτερο φυτό που φέρει το γονίδιο σ' ένα από τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα του 4^{ου} ζεύγους θα έχει γονότυπο 1⁻ 1⁻ 4^A 4⁻.

Διασταύρωση: P: 1^A 1⁻ 4⁻ 4⁻ × 1⁻ 1⁻ 4^A 4⁻

Γαμ.: 1^A 4⁻, 1⁻ 4⁻ 1⁻ 4^A, 1⁻ 4⁻

F1: 1^A 1⁻ 4^A 4⁻, 1^A 1⁻ 4⁻ 4⁻, 1⁻ 1⁻ 4^A 4⁻, 1⁻ 1⁻ 4⁻ 4⁻

Το ποσοστό των απογόνων που θα είναι ανθεκτικά στα έντομα θα είναι 3/4 ή 75%. Αυτό γιατί αρκεί να υπάρχει 1 φορά το γονίδιο που κωδικοποιεί την τοξίνη ούτως ώστε το φυτό να έχει ανθεκτικότητα στα έντομα.