



**ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
Γ' ΤΑΞΗ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
Παρασκευή 19 Ιουνίου 2020
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ:
ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
(ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ)**

(Ενδεικτικές Απαντήσεις)

ΘΕΜΑ Α

A1. β (Η ανοσοβιολογική απόκριση πραγματοποιείται στα δευτερογενή λεμφικά όργανα και όχι στα πρωτογενή.)

A2. α (Το μόριο snRNA παράγεται αποκλειστικά στα ευκαρυωτικά και όχι στα προκαρυωτικά κύτταρα. Οι ιοί είναι ακυτταρικές μη αυτοτελείς μορφές ζωής. Περιέχουν γενετικό υλικό το οποίο περιβάλλεται από καψίδιο και σε κάποιες περιπτώσεις και έλυτρο. Ορισμένοι ιοί όπως ο HIV μπορεί να φέρουν μαζί τους κάποια ένζυμα κατάλληλα για την αναπαραγωγή του ιού, όμως αυτά τα ένζυμα είναι ιϊκά και δεν μπορεί ο ιός να τα βρει μέσα στα κύτταρα ξενιστές του. Τα μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια ο ιός που προσβάλλει ευκαρυωτικά μπορεί να τα βρει εντός του ξενιστή του άρα δεν μπορεί αλλά και δεν απαιτείται να τα φέρει μαζί του ο ιός. Συνεπώς δεν υπάρχουν στους ιούς μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια).

A3. δ (Οι αποικοδομητές μετατρέπουν τη νεκρή οργανική ύλη και τα περιττώματα που περιέχουν άζωτο σε αμμωνία).

A4. α (Τα πρωτοογκογονίδια υπάρχουν στο ανθρώπινο γονιδίωμα και η μετάλλαξη τους σε ογκογονίδια, συνήθως σε συνδυασμό και με άλλες μεταλλάξεις, μπορεί να προκαλέσει καρκίνο).

A5. γ (Η HbF αποτελεί την κύρια εμβρυική αιμοσφαιρίνη. Αποτελείται από 2 α και 2 γ αλυσίδες. Παράγεται φυσιολογικά σε μικρό ποσοστό (περίπου 1%) σε όλη τη διάρκεια ζωής του ανθρώπου)

ΘΕΜΑ Β

B1.	Χρωμοσώματα	Μόρια DNA
Μετάφαση Μίτωσης:	48	96
Μείωση I:	24	48

Σημείωση: Γνωρίζουμε ότι κατά τον κυτταρικό κύκλο στο τέλος της φάσης G2 και στην αρχή της πρόφασης της μίτωσης στο κύτταρο διαλύεται η πυρηνική μεμβράνη ώστε να λάβει χώρα η διαδικασία της μίτωσης.

B2. Σελ 62 - 63 Τεύχος Α

«Η ακεταλδεϋδη που παράγεται από τον καταβολισμό του οινοπνεύματος προξενεί καταστροφές στα κύτταρα διαφόρων ιστών και συνεπώς διαταραχές και στο ήπαρ. Επιπλέον, το ήπαρ ως συνέπεια της μη απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών της τροφής από το λεπτό έντερο, αποθηκεύει λίπη αντί για πρωτεΐνες και υδατάνθρακες, με αποτέλεσμα τη διόγκωση του. Η συνεχιζόμενη κατανάλωση οινοπνεύματος οδηγεί συχνά σε εκφυλισμό του ηπατικού ιστού, μια κατάσταση που ονομάζεται κίρρωση του ήπατος. Επιπλέον, το αλκοόλ συσχετίζεται με την αύξηση της πιθανότητας καρκίνου του ήπατος.»

B3. i) Σελ 13-14 Τεύχος Α

«Ορισμένα βακτήρια, σε ευνοϊκές γι' αυτά συνθήκες, διαιρούνται κάθε 20 λεπτά. Σε αντίξοες συνθήκες, όπως σε ακραίες θερμοκρασίες ή υπό τη δράση ακτινοβολιών, πολλά βακτήρια μετατρέπονται σε ανθεκτικές μορφές, τα ενδοσπόρια. Τα ενδοσπόρια είναι αφυδατωμένα κύτταρα με ανθεκτικά τοιχώματα και χαμηλούς μεταβολικούς ρυθμούς. Όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος ξαναγίνουν ευνοϊκές, τα ενδοσπόρια βλαστάνουν δίνοντας το καθένα ένα βακτήριο»

ii) Σελ 45 Τεύχος Β

«Όταν στο περιβάλλον του βακτηρίου υπάρχει μόνο λακτόζη, τότε η ίδια η λακτόζη προσδένεται στην πρωτεΐνη καταστολέας, της αλλάζει την στερεοδιάταξη και δεν της επιτρέπει να προσδεθεί στον χειριστή. Τότε η RNA πολυμεράση είναι ελεύθερη να προχωρήσει στην μεταγραφή των 3 δομικών γονιδίων, τα οποία παράγουν ένα ενιαίο μόριο mRNA. Αυτό το μόριο mRNA περιέχει ξεχωριστά κωδικόνια έναρξης και λήξης για τα 3 ένζυμα, τα οποία αφού παραχθούν, μεταβολίζουν την λακτόζη, επιτρέποντας την επιβίωση του βακτηρίου»

iii) Σελ 45 Τεύχος Β

«Στο γονιδίωμα των προκαρυωτικών οργανισμών τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό, όπως η διάσπαση της λακτόζης ή η βιοσύνθεση διάφορων αμινοξέων, οργανώνονται σε οπερόνια, δηλαδή σε ομάδες που υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους.»

Σε ένα βιοσυνθετικό οπερόνιο αναμένεται ότι η έκφραση του πραγματοποιείται απουσία του αμινοξέος από το θρεπτικό υλικό και κατά συνέπεια από το κυτταρόπλασμα του κυττάρου, ενώ θα βρίσκεται σε καταστολή όταν το αμινοξύ είναι παρών.

B4. Σελ. 96 & 98 Τεύχος Β

«Ο αλφισμός οφείλεται στην έλλειψη του ενζύμου το οποίο είναι απαραίτητο για τη σύνθεση της μελανίνης. Η ετερογένεια της ασθένειας αυτής σε φαινοτυπικό επίπεδο ερμηνεύεται από την ύπαρξη σε κάποια άτομα παντελούς λειτουργικότητας του ενζύμου και σε άλλα στην εμφάνιση μειωμένης ενεργότητας του ενζύμου. Σε γονιδιακό επίπεδο η ετερογένεια αυτή ερμηνεύεται από το γεγονός ότι το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για τη σύνθεση αυτού του ενζύμου μπορεί να εμφανίζει πληθώρα διαφορετικών μεταλλάξεων (αντικαταστάσεις, προσθήκες, ελλείψεις βάσεων).»

Σημείωση:

Με βάση τα συμπτώματα, ο αλφισμός διακρίνεται σε οφθαλμοδερματικό, που επηρεάζει το δέρμα, τα μάτια και τα μαλλιά και σε οφθαλμικό που επηρεάζει μόνο τα μάτια.

Ο οφθαλμοδερματικός αλφισμός διακρίνεται σε τέσσερις τύπους με βάση την γενετική αιτία.

Τύπου 1: Οφείλεται σε μεταλλάξεις του γονιδίου TYR που εδράζεται στο χρωμόσωμα 11.

Τύπου 2: Οφείλεται σε μεταλλάξεις του γονιδίου OCA2 που εδράζεται στο χρωμόσωμα 15.

Τύπου 3: Οφείλεται σε μεταλλάξεις του γονιδίου TYRP1 που εδράζεται στο χρωμόσωμα 9.

Τύπου 4: Οφείλεται σε μεταλλάξεις του γονιδίου SLC45A2 που εδράζεται στο χρωμόσωμα 5.

Ο καθένας από τους παραπάνω τύπους, έχει χαρακτηριστικό φαινότυπο, με τον τύπου 1 να εμφανίζει τα σοβαρότερα συμπτώματα. Όλοι οι τύποι ωστόσο, κληρονομούνται με αυτοσωμικό υπολειπόμενο τύπο κληρονομικότητας και όλα τα γονίδια αυτά εκφράζονται στα μελανοκύτταρα του δέρματος, προκειμένου να λάβει χώρα το μεταβολικό μονοπάτι σύνθεσης της μελανίνης σε αυτά. Όλα τα γονίδια αυτά διαθέτουν δεκάδες παθολογικά πολλαπλά αλληλόμορφα. Τέλος σημειώνεται ότι τα φαινοτυπικά άτομα έχουν συνήθως ανοιχτό χρωματισμό μαλλιών και δέρματος, λόγω μειωμένης σύνθεσης τυροσίνης.

Γενετικές Ασθένειες, Μ. Λουκάς, Εκδόσεις Παρισιάνου (Αθήνα)

Τα παραπάνω δεν ζητούνται από τους υποψήφιους.

B5. Οι περιοχές του γονιδιώματος ενός προκαρυωτικού κυττάρου που μεταγράφονται μεν, δεν μεταφράζονται δε, είναι :

1. Οι αλληλουχίες των γονιδίων που κωδικοποιούν για tRNA μόρια.
2. Οι αλληλουχίες των γονιδίων που κωδικοποιούν για rRNA μόρια.
3. Από τις αλληλουχίες των γονιδίων που κωδικοποιούν για mRNA μόρια, είναι ειδικότερα οι αλληλουχίες των (με σειρά από το 5' προς το 3' άκρο):

- a. 5' Αμετάφραστης περιοχής
 - b. Κωδικόνιο λήξης
 - c. 3' Αμετάφραστης περιοχής.
4. Οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής οποιουδήποτε γονιδίου.
 5. Από την αλληλουχία του οπερονίου (της λακτόζης), ειδικότερα οι αλληλουχίες των:
 - a. Χειριστή.
 - b. Των 5' αμετάφραστων περιοχών του πολυπληροφοριακού μορίου mRNA που παράγεται από την μεταγραφή του οπερονίου.
 - c. Των κωδικονιών λήξης (ένα ανά δομικό γονίδιο του οπερονίου).
 - d. Της 3' αμετάφραστης περιοχής.
 - e. Των αλληλουχιών λήξης της μεταγραφής του οπερονίου.

(το τμήμα της απάντησης με τα πλάγια γράμματα δεν είναι ζητούμενο από την ΚΕΕ)

Σημείωση: Τέλος αν και κατά την εκτέλεση της διαδικασίας της αντιγραφής το πριμόσωμα συνθέτει με καλούπι τον κλώνο του DNA ολιγονουκλεοτιδικές αλληλουχίες RNA που αποτελούν τα πρωταρχικά τμήματα εντούτοις επ' ουδενί δεν μπορεί να θεωρηθεί αυτή η διαδικασία μεταγραφή και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί επιστημονικώς αποδεκτό- έστω και εναλλακτικά-ως τμήμα της απάντησης του ερωτήματος Β5, όπως αυτό δόθηκε στις παρούσες εξετάσεις (πανελλήνιες 2020).

Σημείωση: Στο τέλος των απαντήσεων αναγράφεται αναλυτικά η τεκμηρίωση των παραπάνω θέσεων με βάση το σχολικό βιβλίο, αλλά και τη διεθνή βιβλιογραφία. Προφανώς δεν απαιτείται η διατύπωση της από τους υποψηφίους, αλλά έχει καθαρά εκπαιδευτικό χαρακτήρα με σκοπό την αποσαφήνιση διάφορων εννοιών.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Α: Εφόσον το αντιγόνο Α αρχικά αυξάνεται, συμπεραίνουμε ότι αντιστοιχεί σε κάποιον ζωντανό μικροοργανισμό ο οποίος αναπαράγεται εντός του οργανισμού. 1^η επαφή με το αντιγόνο με φυσικό τρόπο – **πρωτογενής** ανοσοβιολογική απόκριση

Β: Εφόσον ο πληθυσμός του αντιγόνου παραμένει σταθερός, συμπεραίνουμε ότι πρόκειται είτε για νεκρό ή εξασθενημένο αντιγόνο (εμβόλιο) ή τοξίνη είτε για αλλεργιογόνο (πχ γύρη).

1^η περίπτωση: Αν το αντιγόνο είναι εμβόλιο – **πρωτογενής** ανοσοβιολογική απόκριση.

2^η περίπτωση: Αν το αντιγόνο είναι αλλεργιογόνο, τότε θα έπρεπε η καμπύλη των αντιγόνων να μειωθεί πολύ νωρίτερα ή κατευθείαν άρα **απορρίπτεται**. Εκτός και αν το άτομο βρίσκεται σε ανοσοκαταστολή γιατί πάσχει από κάποιο αυτοάνοσο

νόσημα, νοσεί από AIDS ή έχει υποστεί κάποια μεταμόσχευση. Αν και δεν δίνεται το διάγραμμα υπό την κλίμακα του χρόνου για να μπορεί ο υποψήφιος να εξάγει ασφαλή συμπεράσματα, ούτε δίνονται επαρκείς πληροφορίες στην εκφώνηση αν πρόκειται για υγιές άτομο.

Γ: Εφόσον το αντιγόνο μειώνεται απευθείας συμπεραίνουμε ότι ο οργανισμός παράγει απευθείας αντισώματα.

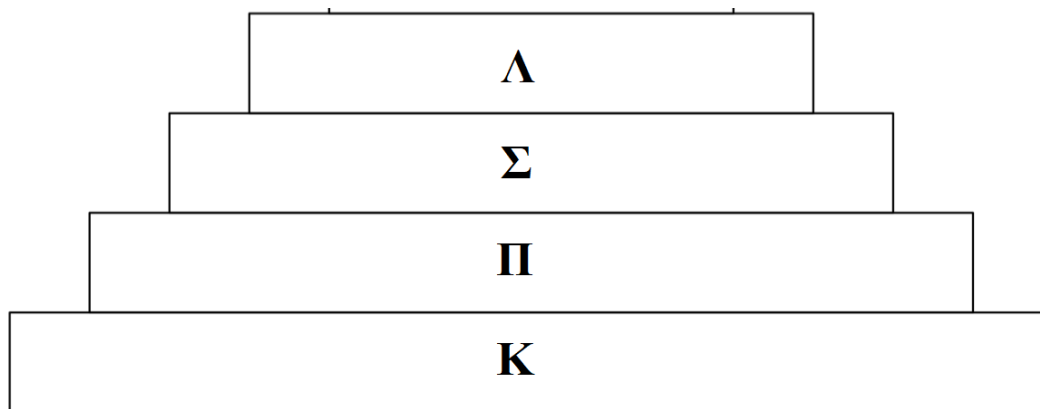
1^η περίπτωση: Αν το αντιγόνο είναι μικρόβιο ή τοξίνη, 2^η ή επόμενη επαφή – **δευτερογενής** ανοσοβιολογική απόκριση.

2^η περίπτωση: Αν το αντιγόνο είναι αλλεργιογόνο τότε μπορεί να έχουμε είτε **πρωτογενή** ανοσοβιολογική απόκριση είτε **δευτερογενή** ανοσοβιολογική απόκριση με εμφάνιση όμως συμπτωμάτων.

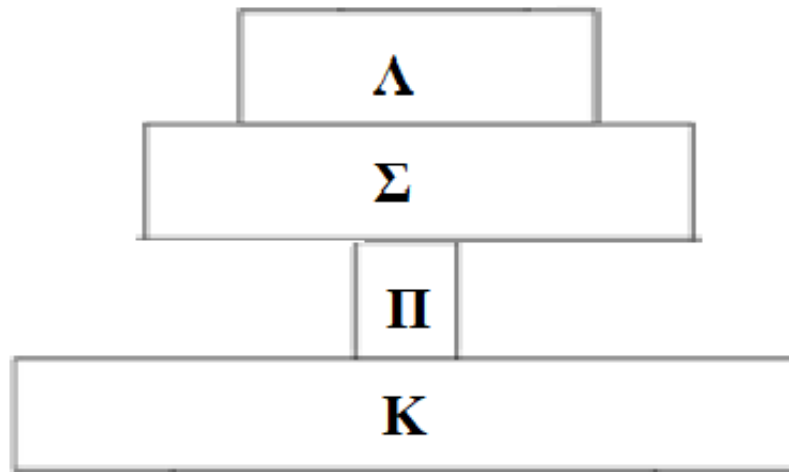
Γ2.	Π – 5000 kg	Καταναλωτές 1 ^{ης} τάξης
	Κ – 50.000kg	Παραγωγοί
	Λ – 50kg	Καταναλωτές 3 ^{ης} τάξης
	Σ – 500kg	Καταναλωτές 2 ^{ης} τάξης

Το εμβαδόν του κάθε παραλληλογράμμου που αντιπροσωπεύει ένα τροφικό επίπεδο είναι ανάλογο της μεταβλητής που παριστάνεται σε αυτό.

Πυραμίδα Βιομάζας



Πυραμίδα Πληθυσμού



Γ3.

1^η περίπτωση: Το γονίδιο να είναι μιτοχονδριακό.

Τα μιτοχονδριακά γονίδια κληρονομούνται από τη μητέρα. Τα σπερματοζωάρια διαθέτουν μιτοχόνδρια τα οποία βρίσκονται στην ουρά τους και κατά την γονιμοποίηση στο ωάριο εισέρχεται μόνο η κεφαλή του σπερματοζωαρίου. Συνεπώς αφού η γυναίκα πάσχει θα πάσχουν και όλοι οι απόγονοι και δεν ισχύουν οι νόμοι του Mendel.

2^η περίπτωση: Αυτοσωμικό Επικρατές

Εάν η ασθένεια οφείλεται σε αυτοσωμικό επικρατές (συμβολίζουμε Α και με α το αλληλόμορφο του υπολειπόμενο που δίνει υγιή άτομα) τότε ο άνδρας που είναι φυσιολογικός θα έχει γονότυπο αα ενώ η γυναίκα που πάσχει ΑΑ (σπανιότερα) ή Αα (στατιστικά πιο πιθανό).

Γονείς:

Γονότυποι: ♀ ΑΑ x ♂ αα

Γαμέτες: ♀ Α x ♂ α



Απόγονοι:

Γονότυποι: 100% Αα

Φαινότυποι: 100% πάσχουν

ή

Γονότυποι: ♀ Αα x ♂ αα

Γαμέτες: ♀ Α, α x ♂ α



Απόγονοι:

Γονότυποι: 50% Αα, 50% αα

Φαινότυποι: 50% πάσχουν, 50% υγιείς

3^η περίπτωση: Αυτοσωμικό Υπολειπόμενο

Εάν η ασθένεια οφείλεται σε αυτοσωμικό υπολειπόμενο (συμβολίζουμε α και με Α το αλληλόμορφο του επικρατές που δίνει υγιή άτομα) τότε ο άνδρας που είναι φυσιολογικός θα έχει γονότυπο ΑΑ ή Αα ενώ η γυναίκα που πάσχει αα.

Γονείς:

Γονότυποι: ♀ αα x ♂ ΑΑ
Γαμέτες: ♀ α x ♂ Α



Απόγονοι:

Γονότυποι: 100% Αα
Φαινότυποι: 100% πάσχουν

ή

Γονότυποι: ♀ αα x ♂ Αα
Γαμέτες: ♀ α x ♂ Α, α



Απόγονοι:

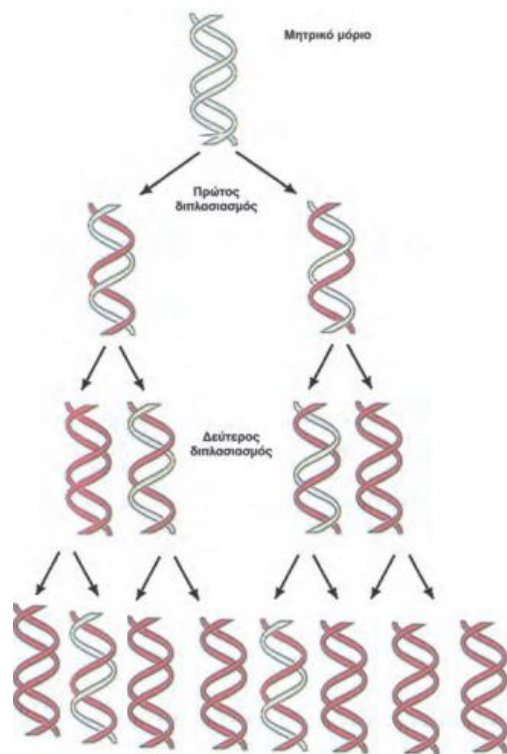
Γονότυποι: 50% Αα, 50% αα
Φαινότυποι: 50% πάσχουν, 50% υγιείς

Στις 2 τελευταίες περιπτώσεις ισχύει ο πρώτος νόμος του Mendel.

Η περίπτωση το γονίδιο να είναι φυλοσύνδετο απορρίπτεται διότι αναφέρεται στην άσκηση ότι η συχνότητα εμφάνισης είναι ίδια στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα.

Γ4.

Ο μηχανισμός διπλασιασμού του DNA είναι ημισυντηρητικός, δηλαδή τα δύο θυγατρικά μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με το μητρικό και μεταξύ τους και καθένα αποτελείται από μία παλιά και μία καινούρια αλυσίδα. Σε κάθε διπλασιασμό οι νέες αλυσίδες θα αποτελούνται από ραδιενεργό άζωτο ¹⁵N και μόνο οι 2 αρχικές αλυσίδες του μητρικού μορίου θα αποτελούνται από ¹⁴N. Επομένως μετά από 3 διαδοχικούς κύκλους αντιγραφής θα προκύψουν 2³=8 μόρια DNA από τα οποία τα 2 θα έχουν μια ραδιενεργή αλυσίδα και μια από τις αρχικές μη ραδιενεργές και τα υπόλοιπα 6 μόνο ραδιενεργές, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Άρα το ποσοστό των μορίων DNA μετά το τέλος του 3^{ου} κύκλου αντιγραφής που θα περιέχουν αποκλειστικά ραδιενεργό άζωτο ¹⁵N θα είναι: (2/8×100)% = 25%.



ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Το γονίδιο A

mRNA:

5' GAAUUCGGAAC-AUG-CCC-GGG-UCA-GCC-UGA-GAGAAUUCCC 3'

Δ2. Το tRNA που μεταφέρει το αμινοξύ Μεθειονίνη φέρει ως αντικωδικόνιο την τριπλέτα 3'UAC 5' η οποία είναι συμπληρωματική και αντιπαράλληλη του κωδικονίου 5'AUG 3'. Αφού το tRNA προκύπτει με μεταγραφή της μεταγραφόμενης αλυσίδας του αντιστοίχου γονιδίου βάσει του κανόνα συμπληρωματικότητας, τότε σε αυτήν θα υπάρχει η τριπλέτα 5'ATG 3'. Παρατηρούμε ότι η τριπλέτα αυτή υπάρχει τόσο στο γονίδιο Β όσο και στο γονίδιο Γ. Άρα υπάρχουν τότε οι εξής περιπτώσεις:

1^η Περίπτωση: Το γονίδιο Β

Μεταγραφόμενη Αλυσίδα 1:

5' CTTATACGCAATGTTTCCTAAA 3'

ή

Μεταγραφόμενη Αλυσίδα 2:

5' GAATATGCGTTACAAGGATTT 3'

2^η Περίπτωση: Το γονίδιο Γ

Μεταγραφόμενη Αλυσίδα 1:

5' ACTATGCACTTCCGGCCAA 3'

Δ3. Κατά την έναρξη της μετάφρασης το mRNA προσδένεται, μέσω μιας αλληλουχίας που υπάρχει στην 5' αμετάφραστη περιοχή του, με το ριβοσωμικό RNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, σύμφωνα με τους κανόνες της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Στην 5' αμετάφραστη περιοχή του mRNA παρατηρούμε ότι υπάρχουν 2 αλληλουχίες των 5 νουκλεοτιδίων, οι οποίες μπορεί να επιτελέσουν αυτό το ρόλο: η 5'CGGAA3' και η 5'GGAAC3'. Οπότε στο αντίστοιχο rRNA θα υπάρχει η συμπληρωματική τους 3'GCCUU5' ή 3'CCUUG5'.

Αφού το rRNA προκύπτει με μεταγραφή της μεταγραφόμενης αλυσίδας του αντιστοιχού γονιδίου βάσει του κανόνα συμπληρωματικότητας, τότε σε αυτήν θα υπάρχει η συμπληρωματική αλληλουχία 5'CGGAA3' ή η 5'GGAAC3'. Παρατηρούμε ότι η μια αλληλουχία υπάρχει στο Γ γονίδιο και η άλλη στο Β.

1^η Περίπτωση: Το γονίδιο Γ

Μεταγραφόμενη Αλυσίδα 2:

3' TGATACGTGAAGGCCGGTT 5'

2^η Περίπτωση: Το γονίδιο Β

Μεταγραφόμενη Αλυσίδα 2:

3' GAATATGCGTTACAAGGATTT 5'

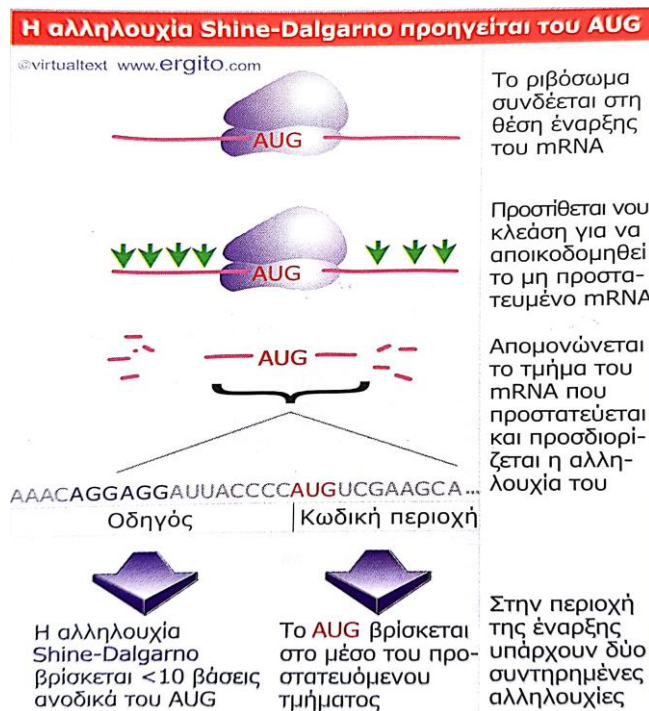
Σημείωση: Τα παρακάτω αποτελούν επεξήγηση του θέματος σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν εκπαιδευτικό χαρακτήρα και δεν ζητούνται από τους υποψηφίους.

«Οι περιοχές πρόσδεσης του ριβοσώματος στα διάφορα βακτηριακά mRNA παρουσιάζουν δύο κοινά χαρακτηριστικά:

1. Το κωδικόνιο έναρξης 5' AUG 3'
2. **Δέκα βάσεις** ανοδικά του AUG, η αλληλουχία του mRNA περιλαμβάνει το παρακάτω εξαμερές (ή μέρος αυτού):
5' ... A G G A G G ... 3'

Αυτό το πολυουρινικό εξαμερές είναι γνωστό ως αλληλουχία Shine – Dalgarno. Είναι συμπληρωματικό σε μια πολύ συντηρημένη αλληλουχία κοντά στο 3' άκρο του 16S rRNA. Ο βαθμός της συμπληρωματικότητας ποικίλλει στα διάφορα

mRNA και μπορεί να περιορίζεται στην κεντρική αλληλουχία 4 βάσεων GAGG ή να εκτείνεται έως και 9 βάσεις, πέρα δηλαδή από τα άκρα του εξαμερούς. Γραμμένη στην αντίστροφη κατεύθυνση, η συμπληρωματική αλληλουχία του rRNA είναι το εξαμερές: 3' ... UCCUCC ... 5' »



GENES VIII, Πρώτος Τόμος, Lewin, Ακαδημαϊκές Εκδόσεις

Δ4.

- i. Το γονίδιο τέμνεται με την περιοριστική ενδονουκλεάση EcoRI, η οποία δημιουργεί εκατέρωθεν μονόκλινα άκρα. Το πλασμίδιο θα τέμνεται με την ΠΕ-I, η οποία δημιουργεί όμοια μονόκλινα άκρα.
- ii. Από τη μία πλευρά: 5'-CAATTC-3'
3'-GTTAAG-5'
Από την άλλη πλευρά: 5'-GAATTG-3'
3'-CTTAAC-5'
- iii. Η ΠΕ-I δεν θα έχει θέση κοπής στο ανασυνδυασμένο πλασμίδιο.

Ανάλυση ερωτήματος B5

Γνωρίζουμε ότι στο DNA των κυττάρων περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού και οι οποίες οργανώνονται σε λειτουργικές μονάδες, τα γονίδια. Αυτά, διά μέσου της μεταγραφής και της μετάφρασης, καθορίζουν τη σειρά των αμινοξέων στην πρωτεΐνη.

Τα γονίδια των προκαρυωτικών οργανισμών διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα γονίδια που μεταγράφονται σε mRNA και μεταφράζονται στη συνέχεια σε πρωτεΐνες και
- Στα γονίδια που μεταγράφονται και παράγουν tRNA, rRNA.

Οι περιοχές του DNA των κυττάρων που μεταγράφονται ονομάζονται γονίδια.

Γονίδιο δηλαδή είναι το τμήμα DNA στο οποίο περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν τη σύνθεση ενός πολυπεπτιδίου ή ενός μορίου RNA.

Γνωρίζουμε ακόμη ότι πριν από την αρχή κάθε γονιδίου, υπάρχει μία ειδική αλληλουχία που ονομάζεται υποκινητής. Ο υποκινητής μαζί με τους μεταγραφικούς παράγοντες (πρωτεΐνες) αποτελούν τα ρυθμιστικά στοιχεία έναρξης της μεταγραφής του γονιδίου. Μόνο όταν ο σωστός συνδυασμός μεταγραφικών παραγόντων συνδεθεί στον υποκινητή, μπορεί η RNA πολυμεράση να ξεκινήσει σωστά τη μεταγραφή. Ο υποκινητής προσδιορίζει την ύπαρξη και τη θέση του γονιδίου που ελέγχει, όμως ο ίδιος βρίσκεται πάντα πριν από την αρχή του γονιδίου. Δηλαδή δεν ανήκει στο γονίδιο, παρόλο που το προσδιορίζει καθώς ο ίδιος δεν μεταγράφεται.

Το γονίδιο εκτείνεται από το πρώτο νουκλεοτίδιο που μεταγράφεται μέχρι το τελευταίο νουκλεοτίδιο που μεταγράφεται. Η μεταγραφή συμβαίνει με καλούπι την μη-κωδική αλυσίδα του γονιδίου. Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου δεν υφίσταται την διαδικασία της μεταγραφής.

Τέλος, γνωρίζουμε ότι η μεταγραφή τερματίζεται στο τέλος του γονιδίου, όπου υπάρχουν οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής. Η σύνθεση του RNA σταματά στο τέλος του γονιδίου, όπου ειδικές αλληλουχίες, οι οποίες ονομάζονται αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, επιτρέπουν την απελευθέρωσή του. Στο γονίδιο ανήκουν και οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής καθώς αυτές μεταγράφονται αλλά αποκόπτονται άμεσα από το προϊόν της μεταγραφής και δεν αντιπροσωπεύονται στο μόριο RNA που προκύπτει από την μεταγραφή του γονιδίου.

Γνωρίζουμε ότι η μεταγραφή καταλύεται από ένα ένζυμο, την RNA πολυμεράση. Η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή του γονιδίου, με τη βοήθεια

πρωτεϊνών, των μεταγραφικών παραγόντων. Οι υποκινητές και οι μεταγραφικοί παράγοντες αποτελούν τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής του DNA και επιτρέπουν στην RNA πολυμεράση να αρχίσει σωστά τη μεταγραφή.

Κατά την έναρξη της μεταγραφής ενός γονιδίου η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή και προκαλεί τοπικό ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA. Στη συνέχεια, τοποθετεί τα ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια μίας αλυσίδας του DNA σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων, όπως και στην αντιγραφή, με τη διαφορά ότι εδώ απέναντι από την αδενίνη τοποθετείται το ριβονουκλεοτίδιο που περιέχει ουρακίλη. Η RNA πολυμεράση συνδέει τα ριβονουκλεοτίδια που προστίθενται το ένα μετά το άλλο, με 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. Η μεταγραφή έχει προσανατολισμό 5'→3' όπως και η αντιγραφή. Η σύνθεση του RNA σταματά στο τέλος του γονιδίου, όπου ειδικές αλληλουχίες οι οποίες ονομάζονται αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, επιτρέπουν την απελευθέρωσή του.

Το μόριο RNA που συντίθεται είναι συμπληρωματικό προς τη μία αλυσίδα της διπλής έλικας του DNA του γονιδίου. Η αλυσίδα αυτή είναι η μεταγραφόμενη και ονομάζεται μη κωδική. Η συμπληρωματική αλυσίδα του DNA του γονιδίου ονομάζεται κωδική. Το RNA είναι το κινητό αντίγραφο της πληροφορίας ενός γονιδίου.

Τα μόρια tRNA και rRNA κατόπιν συμμετέχουν στην μετάφραση των μορίων mRNA, χωρίς τα ίδια να μεταφράζονται.

Όταν ένα γονίδιο που κωδικοποιεί για mRNA μεταγράφεται, δημιουργείται το mRNA. Αυτό, έχει δύο περιοχές που δε μεταφράζονται σε αμινοξέα. Η μία βρίσκεται στο 5' άκρο και η άλλη στο 3' άκρο. Οι αλληλουχίες αυτές ονομάζονται 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, αντίστοιχα. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς το mRNA αρχίζει να μεταφράζεται σε πρωτεΐνη πριν ακόμη ολοκληρωθεί η μεταγραφή του. Αυτό είναι δυνατό, επειδή δεν υπάρχει πυρηνική μεμβράνη.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω και παρόλο που δεν γίνεται σαφές με ποιο ακριβώς τρόπο λειτουργούν οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, ωστόσο αυτές δεν υπάρχουν στο mRNA που μεταφράζεται από τα ριβοσώματα.

Το μόριο mRNA, αποτελείται από το 5' άκρο του προς το 3' άκρο του, από τις εξής αλληλουχίες με διακριτό ρόλο:

5' αμετάφραστη περιοχή + [ATG (κωδικόνιο έναρξης) + πλαίσιο ανάγνωσης (ακέραιο πολλαπλάσιο του τρία ως προς το πλήθος των νουκλεοτιδίων τα οποία μεταφράζονται) + κωδικόνιο λήξης (που δεν μεταφράζεται καθώς δεν υπάρχουν tRNA που να αντιστοιχούν σε αυτό)] + 3' αμετάφραστη περιοχή.

Στο mRNA λοιπόν, εκτός από το μεταφράσιμο τμήμα του, μαζί με το κωδικόνιο λήξης, περιέχονται οπωσδήποτε και οι 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές του, που αποτελούν ρυθμιστικά στοιχεία της μετάφρασης και της διάρκειας παραμονής της ακεραιότητάς του, στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου.

Από την επιστημονική βιβλιογραφία, γνωρίζουμε:

ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΕΣ ΛΗΞΗΣ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗΣ

Ο μηχανισμός τερματισμού (της μεταγραφής) δεν είναι ίδιος στα βακτήρια και τους ευκαρυώτες. Στα **βακτήρια**, ο τερματισμός επιτελείται απλώς, με τη μεταγραφή της αλληλουχίας τερματισμού (Αλληλουχίες Λήξης της Μεταγραφής), η οποία βρίσκεται στο DNA-ΕΚΜΑΓΕΙΟ (μη-κωδική αλυσίδα). **Το τμήμα του RNA που συντίθεται με βάση την αλληλουχία αυτή** λειτουργεί ως σήμα τερματισμού της μεταγραφής και προκαλεί απομάκρυνση της RNA πολυμεράσης από την αλυσίδα του DNA, με ταυτόχρονη απελευθέρωση του μετάγραφου (RNA προϊόντος), δηλαδή του RNA, το οποίο μπορεί να δράσει αμέσως ως RNA.

Βιολογία Campbell & Reace ΠΕΚ (Ηράκλειο)

Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους προκαρυωτικούς οργανισμούς γίνεται κυρίως στο επίπεδο της μεταγραφής. Το οπερόνιο της λακτόζης αποτελείται από τρία δομικά γονίδια που κωδικοποιούν τα ένζυμα τα οποία διασπούν τη λακτόζη. Αυτά ρυθμίζονται από δύο αλληλουχίες DNA: έναν υποκινητή και ένα χειριστή. Ο χειριστής παίζει το ρόλο του μοριακού διακόπτη του οπερονίου.

Το οπερόνιο της λακτόζης δε μεταγράφεται ούτε μεταφράζεται, όταν απουσιάζει από το θρεπτικό υλικό η λακτόζη. Τότε λέμε ότι τα γονίδια που το αποτελούν βρίσκονται υπό καταστολή. Πώς επιτυγχάνεται η καταστολή; Δύο είναι τα ρυθμιστικά μόρια: μια αλληλουχία DNA, που ονομάζεται χειριστής και βρίσκεται μεταξύ του υποκινητή και του πρώτου γονιδίου, και μια ρυθμιστική πρωτεΐνη-καταστολέας. Όταν απουσιάζει η λακτόζη ο καταστολέας προσδένεται ισχυρά στο χειριστή και εμποδίζει την RNA πολυμεράση να αρχίσει τη μεταγραφή των γονιδίων του οπερονίου. Ο καταστολέας κωδικοποιείται από ένα ρυθμιστικό γονίδιο, που βρίσκεται μπροστά από τον υποκινητή. Το ρυθμιστικό γονίδιο μεταγράφεται συνεχώς και παράγει λίγα μόρια του καταστολέα. Τα μόρια αυτά προσδένονται συνεχώς στο χειριστή.

Όταν στο θρεπτικό υλικό υπάρχει μόνο λακτόζη, τότε ο ίδιος ο δισακχαρίτης προσδένεται στον καταστολέα και δεν του επιτρέπει να προσδεθεί στο χειριστή. Τότε η RNA πολυμεράση είναι ελεύθερη να αρχίσει τη μεταγραφή. Δηλαδή η λακτόζη λειτουργεί ως επαγωγέας της μεταγραφής των γονιδίων του οπερονίου. Τότε τα γονίδια αρχίζουν να «εκφράζονται», δηλαδή να μεταγράφονται και να

συνθέτουν τα ένζυμα. Τα τρία ένζυμα μεταφράζονται ταυτόχρονα από το ίδιο μόριο mRNA το οποίο περιέχει κωδικόνιο έναρξης και λήξης για κάθε ένζυμο. Συμπερασματικά, η ίδια η λακτόζη ενεργοποιεί τη διαδικασία για την αποικοδόμησή της. Όταν η λακτόζη διασπαστεί πλήρως, τότε η πρωτεΐνη καταστολέας είναι ελεύθερη να προσδεθεί στο χειριστή και να καταστείλει τη λειτουργία των τριών γονιδίων.

Από το οπερόνιο της λακτόζης (lac operon) που αποτελείται από τα δομικά γονίδια Z, Y, A και τις ρυθμιστικές αλληλουχίες του χειριστή και του υποκινητή του οπερονίου (για την έναρξη της μεταγραφής) καθώς και τις αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής που ακολουθούν την 3' αμετάφραστη περιοχή του δομικού γονιδίου A, οι οποίες αποτελούν ρυθμιστικά στοιχεία του τερματισμού της μεταγραφής του, μεταγράφονται αλλά δεν μεταφράζονται οι αλληλουχίες του:

A. ο χειριστής, εφόσον βρίσκεται μεταξύ του υποκινητή και της 5' αμετάφραστης περιοχής του πρώτου δομικού γονιδίου (γονίδιο Z).

B. Η 5' αμετάφραστη περιοχή κάθε δομικού γονιδίου.

Γ. Το κωδικόνιο λήξης κάθε δομικού γονιδίου.

Δ. Η μοναδική 3' αμετάφραστη περιοχή του οπερονίου (μετά το κωδικόνιο λήξης του γονιδίου A).

E. Οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής του οπερονίου.

Επίσης γνωρίζουμε από την επιστημονική βιβλιογραφία:

ΟΠΕΡΟΝΙΟ

Οπερόνια: Θεμελιώδης έννοια: Τα κύτταρα των βακτηρίων ελέγχουν τον μεταβολισμό τους είτε ρυθμίζοντας κατάλληλα την ενεργότητα συγκεκριμένων ενζύμων είτε ρυθμίζοντας την έκφραση γονιδίων που κωδικοποιούν ένζυμα. Συνήθως, τα γονίδια των βακτηρίων ομαδοποιούνται σε οπερόνια, επιτρέποντας έτσι σε ομάδες γειτονικών γονιδίων να εξυπηρετούνται από κοινού, από τον ίδιο υποκινητή.

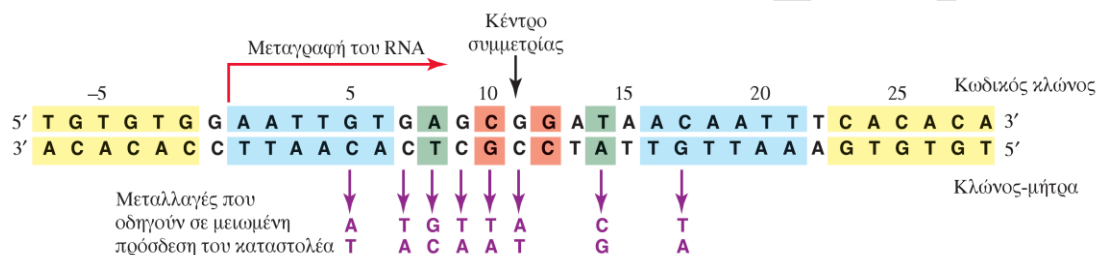
Ολόκληρο το οπερόνιο ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται από ειδικά τμήματα του DNA που συνιστούν τον χειριστή και λειτουργούν σαν «διακόπτης» που επιτρέπει την ρύθμιση (απενεργοποίηση ή ενεργοποίηση) πολλών γονιδίων ταυτοχρόνως.

Τόσο τα καταστέλλόμενα όσο και τα επαγόμενα οπερόνια, η πρόσδεση μιας ειδικής πρωτεΐνης-καταστολέα στον χειριστή επιφέρει διακοπή της μεταγραφής (η πρωτεΐνη-καταστολέας κωδικοποιείται από διαφορετικό ρυθμιστικό γονίδιο).

Το mRNA της β-γαλακτοζιδάσης φέρει μια περιοχή - οδηγό πριν από το κωδικόνιο έναρξης. Το σημείο έναρξης της μεταγραφής (νουκλεοτιδικό ζεύγος +1) βρίσκεται πολύ κοντά στο ανοδικό όριο της θέσης πρόσδεσης του καταστολέα. Αυτό σημαίνει ότι στη μεταγραφόμενη περιοχή του οπερονίου της λακτόζης, εκτός από τα ίδια τα κωδικά γονίδια περιλαμβάνεται και ένα μεγάλο τμήμα του χειριστή.

i Genetics P.J. Russell

Εκδόσεις Μπασδάρα (Αλεξανδρούπολη)



Μελέτες ιχνηλάτησης DNA αποκαλύπτουν ότι ο καταστολέας Lac προστατεύει 35 bp μεταξύ των θέσεων -7 και +28, επομένως ο χειριστής περιλαμβάνει τόσο τη θέση έναρξης της μεταγραφής (+1) όσο και μέρος του πλαισίου -10 του υποκινητή. Οι περιοχές συμμετρίας φαίνονται με το ίδιο χρώμα. Κάποιες από τις μεταλλάγες του οπερονίου lac που μειώνουν τη συγγένεια του καταστολέα Lac προς το DNA του οπερονίου φαίνονται με μοβ χρώμα.

Βασικές Αρχές Μοριακής Βιολογίας Β.Ε.Τροπ

Εκδόσεις Μπασδάρα (Αλεξανδρούπολη)

J. Monod & F. Jacob:

«το οπερόνιο είναι ένα τμήμα DNA, που συνιστά μία γενετική μονάδα συντονισμένης έκφρασης.»

Ομιλία κατά την απονομή του βραβείου Νόμπελ.
