

## Β' Τεύχος

### 2ο Κεφάλαιο

#### 2<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**13.** Το DNA παράγει ακριβή αντίγραφά του μέσω της αντιγραφής, μιας πολύπλοκης διαδικασίας που καταλύεται από εξειδικευμένα ένζυμα. Το DNA, επίσης, προσδιορίζει την παραγωγή διάφορων ειδών RNA μέσω μιας άλλης διαδικασίας που ονομάζεται μεταγραφή.

α. Να ονομάσετε τα ένζυμα που επιτελούν τις παρακάτω λειτουργίες κατά τις διαδικασίες της αντιγραφής και της μεταγραφής του DNA:

i. τοποθετούν συμπληρωματικά ριβονουκλεοτίδια απέναντι από δεοξυριβονουκλεοτίδια.

ii. ξετυλίγουν τη διπλή έλικα του DNA.

iii. συνδέουν τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας.

iv. επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα. (μονάδες 6)

β. Η αντιγραφή είναι μια απίστευτα ακριβής διαδικασία που επιτυγχάνεται με ελάχιστα σφάλματα, σε αντίθεση με τη διαδικασία της μεταγραφής. Να εξηγήσετε γιατί η αντιγραφή του DNA πρέπει να γίνεται με απίστευτη ακρίβεια (μονάδες 3) και να εξηγήσετε με ποιο τρόπο εξασφαλίζεται η πιστότητα της αντιγραφής (μονάδες 3).

Μονάδες 12

α. Τα ένζυμα που επιτελούν τις λειτουργίες που περιγράφονται στην εκφώνηση είναι: i. πριμόσωμα και RNA πολυμεράσες, ii. DNA ελικάσες και RNA πολυμεράση, iii. DNA δεσμάση, iv. DNA πολυμεράσες.

β. Μετά την αντιγραφή του, το DNA, και κατ' επέκταση οι γενετικές πληροφορίες, μεταβιβάζεται από γενιά σε γενιά κυττάρων και οργανισμών. Αν τυχόν συμβούν λάθη κατά την διάρκεια της αντιγραφής, τα λάθη αυτά διαιωνίζονται από γενιά σε γενιά. Γι' αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται, μέσω της συμπληρωματικότητας των βάσεων και των μηχανισμών επιδιόρθωσης, η αναλλοίωτη μεταβίβαση των γενετικών πληροφοριών από κύτταρο σε κύτταρο και από γενιά σε γενιά.

Η πιστότητα της αντιγραφής εξασφαλίζεται χάρη στη συμπληρωματικότητα των βάσεων με την οποία τοποθετούνται τα νεοεισερχόμενα νουκλεοτίδια. Τα ένζυμα που εξασφαλίζουν την τήρηση της συμπληρωματικότητας και άρα την πιστότητα της αντιγραφής είναι η DNA πολυμεράση και τα επιδιορθωτικά ένζυμα. Έτσι, ο αριθμός των λαθών περιορίζεται τελικά στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς στο ένα λάθος ανά  $10^{10}$  τοποθετήσεις νουκλεοτιδίων.

**15.** Το οπερόνιο της λακτόζης μεταγράφεται και μεταφράζεται όταν στο περιβάλλον του βακτηρίου *Escherichia coli* υπάρχει μόνο λακτόζη. Τότε, παράγονται τρία ένζυμα που είναι απαραίτητα για το μεταβολισμό της λακτόζης. α. Να περιγράψετε τη διαδικασία μεταγραφής των δομικών γονιδίων του οπερονίου της λακτόζης όταν στο περιβάλλον υπάρχει μόνο λακτόζη (μονάδες 5) και να αναφέρετε πόσα μόρια mRNA παράγονται από τη μεταγραφή των γονιδίων αυτών (μονάδα 1).

β. Να εξηγήσετε πότε συμβαίνει (χρονικά) η μετάφραση του/των μορίων mRNA του ερωτήματος (α), σε σχέση με τη διαδικασία της μεταγραφής (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Όταν στο περιβάλλον του βακτηρίου υπάρχει μόνο λακτόζη, τότε ο δισακχαρίτης προσδένεται στον καταστολέα και δεν του επιτρέπει να προσδεθεί στο χειριστή. Τότε η RNA πολυμεράση, που έχει προσδεθεί στον υποκινητή των δομικών γονιδίων, είναι ελεύθερη να αρχίσει τη μεταγραφή. Η RNA πολυμεράση προκαλεί τοπικό ξετύλιγμα του DNA και στη συνέχεια, τοποθετεί συμπληρωματικά ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια της μιας αλυσίδας του DNA. Η μεταγραφή έχει προσανατολισμό 5' → 3' και η σύνθεση του mRNA σταματά στο τέλος των δομικών γονιδίων, όπου η αλληλουχία λήξης της μεταγραφής επιτρέπει την απελευθέρωσή του. Από τη διαδικασία αυτή παράγεται ένα μόριο mRNA το οποίο περιέχει κωδικόνιο έναρξης και λήξης για κάθε ένα από τα τρία δομικά γονίδια του οπερονίου.

β. Η *Escherichia coli* ανήκει στους προκαρυωτικούς οργανισμούς, στους οποίους ένα mRNA αρχίζει να μεταφράζεται σε πρωτεΐνη πριν ολοκληρωθεί η μεταγραφή του. Αυτό είναι δυνατό επειδή δεν υπάρχει πυρηνική μεμβράνη. Συνεπώς, το mRNA που παράγεται από τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων του οπερονίου της λακτόζης αρχίζει να μεταφράζεται πριν την ολοκλήρωση της διαδικασίας της μεταγραφής του.

---

**18.** Η σακχαράση είναι το ένζυμο που, όπως υποδεικνύει και το όνομά του, καταλύει τη διάσπαση της σακχαρόζης, η οποία αποτελεί συστατικό των φρούτων και αποτελεί έναν από τους κυριότερους δισακχαρίτες. Το μόριο της σακχαρόζης αποτελείται από τους μονοσακχαρίτες γλυκόζη και φρουκτόζη.

α. Να ονομάσετε το υπόστρωμα στο οποίο δρα η σακχαράση (μονάδες 2), τα προϊόντα της αντίδρασης που καταλύει (μονάδες 2) και να αναφέρετε πώς ονομάζεται η περιοχή του μορίου της σακχαράσης στην οποία προσδένεται το υπόστρωμα (μονάδες 2).

β. Ένας άλλος κοινός δισακχαρίτης, που αποτελεί το σάκχαρο του γάλακτος, είναι η λακτόζη. Να ονομάσετε τους μονοσακχαρίτες από τους οποίους αποτελείται η λακτόζη (μονάδες 2) και να γράψετε τον αριθμό των ενζύμων που είναι απαραίτητα για την πρόσληψη και διάσπαση της λακτόζης από το βακτήριο *E.coli* (μονάδα 1). Να εξηγήσετε με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται στα βακτήρια *E.coli* η ταυτόχρονη έκφραση των γονιδίων των ενζύμων αυτών (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Το υπόστρωμα είναι το μόριο της σακχαρόζης, ενώ τα προϊόντα της αντίδρασης είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη. Η περιοχή του ενζύμου στην οποία γίνεται η σύνδεση των μορίων - υποστρωμάτων με κατάλληλο προσανατολισμό, ονομάζεται ενεργό κέντρο του ενζύμου.

β. Η λακτόζη αποτελείται από τους μονοσακχαρίτες γλυκόζη και γαλακτόζη. Για την πρόσληψη και διάσπαση της λακτόζης από το βακτήριο *E.coli* είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη λειτουργία 3 ενζύμων. Η ταυτόχρονη έκφραση των γονιδίων των ενζύμων αυτών επιτυγχάνεται χάρη στην οργάνωσή τους σε οπερόνια, δηλαδή σε ομάδες γονιδίων που υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους.

---

**20.** Η διαδικασία της αντιγραφής του DNA, όπως διαπιστώθηκε ύστερα από πολύχρονη ερευνητική μελέτη, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Τα κύτταρα διαθέτουν ένα σημαντικό «οπλοστάσιο» εξειδικευμένων ενζύμων και άλλων πρωτεϊνών που λειτουργούν ταυτόχρονα και καταλύουν τις χημικές αντιδράσεις της αντιγραφής με μεγάλη ταχύτητα και με εκπληκτική ακρίβεια. Μεταξύ των ενζύμων της αντιγραφής περιλαμβάνονται οι DNA ελικάσες και το πριμόσωμα.

α. Να περιγράψετε τη λειτουργία καθενός από τα παραπάνω ένζυμα (μονάδες 4) και να αναφέρετε ποιο από αυτά δρα πρώτο κατά την αντιγραφή του DNA (μονάδες 3).

β. Ένα ακόμη ένζυμο που συμμετέχει στη διαδικασία της αντιγραφής του DNA είναι η DNA δε-

σμάση. Να εξηγήσετε το ρόλο της DNA δεσμάσης κατά την αντιγραφή του DNA στα προκαρυωτικά (μονάδες 2) και στα ευκαρυωτικά κύτταρα (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Οι DNA ελικάσες σπάζουν τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των δύο αλυσίδων του DNA ώστε να ξετυλιχθούν στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής. Όταν ανοίξει η διπλή έλικα, δημιουργείται μια «θηλιά», η οποία αυξάνεται και προς τις δύο κατευθύνσεις με τη συνεχή δράση των DNA ελικασών.

Το πριμόσωμα, ειδικό σύμπλοκο ενζύμων, συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής μικρά πρωταρχικά τμήματα RNA, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες. Η δράση του πριμοσώματος είναι απαραίτητη γιατί οι DNA πολυμεράσες, που είναι τα κύρια ένζυμα της αντιγραφής, δεν έχουν την ικανότητα να αρχίσουν από μόνες τους την αντιγραφή.

Τα ένζυμα που λειτουργούν πρώτα, όπως προκύπτει από τη λειτουργία του καθενός και αναφέρθηκε παραπάνω, είναι οι DNA ελικάσες.

β. Η DNA δεσμάση κατά την αντιγραφή του DNA τόσο στα προκαρυωτικά όσο και στα ευκαρυωτικά κύτταρα συνδέει μεταξύ τους τα κομμάτια των αλυσίδων που συντίθεται με ασυνεχή τρόπο. Επιπλέον η DNA δεσμάση, στα ευκαρυωτικά κύτταρα, συνδέει και όλα τα κομμάτια που προκύπτουν από τις διάφορες θέσεις έναρξης αντιγραφής.

**22.** Με τη μεταγραφή, οι πληροφορίες που βρίσκονται στα γονίδια που κωδικοποιούν κάποια πρωτεΐνη μεταφέρονται στο mRNA, με βάση τη συμπληρωματικότητα των νουκλεοτιδικών βάσεων. Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στις πρωτεΐνες με βάση το γενετικό κώδικα, δηλαδή έναν κώδικα αντιστοίχισης των νουκλεοτιδίων mRNA με τα 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.

α. Να εξηγήσετε τη θεωρητική προσέγγιση με την οποία οι ερευνητές κατέληξαν ότι ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας (μονάδες 6).

β. Να αναφέρετε (απλή αναφορά μόνο) τα βασικά χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα (μονάδες 6) και να αναφέρετε ποιο από αυτά αποτελεί ένδειξη για την κοινή καταγωγή των ειδών (μονάδα 1).

Μονάδες 13

α. Επειδή ο αριθμός των διαφορετικών αμινοξέων που συγκροτούν τις πρωτεΐνες είναι είκοσι και, αντίστοιχα, ο αριθμός των διαφορετικών νουκλεοτιδίων που συγκροτούν το RNA είναι τέσσερα, θεωρήθηκε πιθανό ότι τρία νουκλεοτίδια αντιστοιχούν σε ένα αμινοξύ και γι' αυτό ο γενετικός κώδικας ονομάστηκε κώδικας τριπλέτας. Ο κώδικας τριπλέτας είναι φυσική συνέπεια του γεγονότος ότι τέσσερα νουκλεοτίδια, αν συνδυαστούν ανά ένα ( $4^1 = 4$ ) ή ανά δύο ( $4^2 = 16$ ), δε δίνουν αρκετούς συνδυασμούς για να κωδικοποιηθούν τα είκοσι βασικά αμινοξέα. Αν όμως συνδυαστούν ανά τρία ( $4^3 = 64$ ) οι συνδυασμοί είναι παραπάνω από αρκετοί.

β. Τα βασικά χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα είναι: Ο γενετικός κώδικας είναι:

- i. κώδικας τριπλέτας,
- ii. είναι συνεχής,
- iii. μη επικαλυπτόμενος,
- iv. είναι σχεδόν καθολικός,
- v. χαρακτηρίζεται ως εκφυλισμένος και
- vi. έχει κωδικόνιο έναρξης και κωδικόνια λήξης.

Ένδειξη για την κοινή καταγωγή των ειδών αποτελεί το ότι είναι σχεδόν καθολικός, δηλαδή το

ότι όλοι οι οργανισμοί έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα.

---

**39.** Το γονίδιο και το γονιδίωμα είναι δύο όροι που συχνά συγχέονται. Μάλιστα, διαχρονικά οι ορισμοί ενσωματώνουν τις νέες ανακαλύψεις και τάσεις της επιστήμης της Βιολογίας. Παράλληλα, η έκφραση των γονιδίων των κυττάρων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη διαφοροποιημένη δομή και λειτουργία των κυττάρων ενός πολυκύτταρου οργανισμού.

α. Με βάση τις γνώσεις σας από το σχολικό εγχειρίδιο να δώσετε τους ορισμούς για τις έννοιες: i. Γονιδίωμα, ii. Γονίδιο (μονάδες 6).

β. Να εξηγήσετε με ποιο τρόπο σχετίζεται η έκφραση των γονιδίων με τη διαφορετική λειτουργία και δομή των κυττάρων στους ανώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Γονιδίωμα είναι το συνολικό γενετικό υλικό του κυττάρου ενός οργανισμού (συνήθως αναφερόμαστε στο πυρηνικό DNA ενός ευκαρυωτικού οργανισμού ή στο κύριο DNA ενός προκαρυωτικού). Γονίδιο είναι το τμήμα του DNA (ή του RNA για έναν RNA ιό), με συγκεκριμένη αλληλουχία βάσεων, που φέρει την πληροφορία για τη σύνθεση ενός μορίου RNA ή μιας πεπτιδικής αλυσίδας.

β. Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα εξειδικεύονται, για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες και η διαδικασία αυτή ονομάζεται κυτταρική διαφοροποίηση. Τα κύτταρα ενός πολύπλοκου πολυκύτταρου οργανισμού, όπως τα νευρικά, τα μυϊκά, τα ηπατικά, διαφέρουν στη μορφή και στη λειτουργία τους, αλλά έχουν όλα το ίδιο γενετικό υλικό, άρα και τα ίδια γονίδια. Η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν αναπτύξει μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να εκφράζουν τη γενετική τους πληροφορία επιλεκτικά και να ακολουθούν μόνο τις οδηγίες που χρειάζονται κάθε χρονική στιγμή. Κάθε κυτταρικός τύπος έχει εξειδικευμένη λειτουργία και πρέπει να υπάρχει πλήρης συντονισμός των λειτουργιών όλων των κυττάρων. Γι' αυτό, η τελειοποίηση των συστημάτων ελέγχου είναι αναγκαία και λόγω της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας των ευκαρυωτικών κυττάρων, αλλά και επειδή πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών.

---

**41.** Το 1958, ο Crick διατύπωσε το κεντρικό δόγμα της μοριακής βιολογίας: η ροή της πληροφορίας περιλαμβάνει τη μεταφορά της από το DNA στο RNA και τέλος στην πρωτεΐνη. Όμως, το ερώτημα παρέμενε: πώς το αλφάβητο των τεσσάρων γραμμάτων - των νουκλεοτιδίων του DNA (A, C, T, G) ή το αντίστοιχο του RNA (A, C, U, G) - κωδικοποιούσε το αλφάβητο είκοσι γραμμάτων - των αμινοξέων, που απαρτίζουν τις πρωτεΐνες; Ο γενετικός κώδικας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις της Βιολογίας. Κατέδειξε την πρωτεϊνοσύνθεση ως τη διαδικασία "μετάφρασης" από τη γλώσσα των νουκλεοτιδίων στη γλώσσα των αμινοξέων. Σύμφωνα με τον γενετικό κώδικα ισχύει το εξής: «Για όλους σχεδόν τους ζωντανούς οργανισμούς το αμινοξύ γλυκίνη κωδικοποιείται από τα κωδικόνια 5'-GGU- 3', 5'-GGC-3', 5'-GGA-3', 5'-GGG-3'».

α. Να εξηγήσετε, ποιές ιδιότητες του γενετικού κώδικα πιστεύετε ότι αποτυπώνονται στην παραπάνω πρόταση (μονάδες 6).

β. Να εξηγήσετε ποια ιδιότητα του γενετικού κώδικα από τις παραπάνω δεν ισχύει για το αμινοξύ Μεθειονίνη (μοναδες 4). Να ονομάσετε άλλο ένα αμινοξύ για το οποίο δεν ισχύει η ίδια ιδιότητα (μοναδες 2).

Μονάδες 12

α. Τρία νουκλεοτίδια κωδικοποιούν για ένα αμινοξύ. Αυτό σημαίνει ότι ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας, δηλαδή τριαδικός. Επιπλέον, το γεγονός ότι ο γενετικός κώδικας ισχύ-

ει για όλους σχεδόν τους οργανισμούς σημαίνει ότι είναι σχεδόν καθολικός. Τέλος, το γεγονός ότι το αμινοξύ γλυκίνη κωδικοποιείται από περισσότερα του ενός και για την ακρίβεια (4) κωδικόνια (συνώνυμα) σημαίνει ότι ο γενετικός κώδικας είναι εκφυλισμένος.  
β. Για το αμινοξύ μεθειονίνη δεν υπάρχουν συνώνυμα κωδικόνια, επομένως δεν ισχύει ο εκφυλισμός του γενετικού κώδικα. Το ίδιο ισχύει και για το αμινοξύ τρυπτοφάνη.

---

**42.** Στην τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA χρησιμοποιούνται πολλές διαδικασίες. Ανάμεσα τους είναι η αποδιάταξη και η υβριδοποίηση μορίων ή τμημάτων

DNA - DNA, RNA- RNA ή DNA - RNA.

α. Να δώσετε τους ορισμούς των εννοιών “αποδιάταξη” και “υβριδοποίηση”(μοναδες 6). β. Τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά την χρήση της γονιδιωματικής ή της cDNA βιβλιοθήκης εφαρμόζεται η διαδικασία της υβριδοποίησης. Να περιγράψετε το ρόλο της υβριδοποίησης στις δύο διαδικασίες (μονάδες 7).

Μονάδες 13

α. Αν επιδράσουμε σε ένα δίκλωνο μόριο DNA (ή DNA-RNA ή RNA - RNA) με κατάλληλες χημικές ουσίες ή αυξήσουμε τη θερμοκρασία, τότε σπάζουν οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των δύο συμπληρωματικών αλυσίδων και οι δύο αλυσίδες αποχωρίζονται η μία από την άλλη. Η διαδικασία αυτή λέγεται αποδιάταξη. Υβριδοποίηση είναι η σύνδεση δύο μονόκλωνων αλυσίδων DNA (ή DNA-RNA ή RNA - RNA) με δεσμούς υδρογόνου σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων υπό κατάλληλες συνθήκες.

β. Η υβριδοποίηση είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα του DNA που εφαρμόζεται, καταρχάς, κατά την κατασκευή των βιβλιοθηκών, αφού η σύνδεση των επιμέρους DNA τμημάτων με τους φορείς κλωνοποίησης, μέσω της DNA δεσμάσης, προϋποθέτει την υβριδοποίηση των μονόκλωνων άκρων από τις συμπληρωματικές αζευγάρωτες βάσεις που έχουν προκύψει από τη χρήση των κατάλληλων περιοριστικών ενδονουκλεασών, στα τμήματα DNA και στο φορέα κλωνοποίησης. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα αν έχουμε ένα γνωστό μόριο DNA, να το χρησιμοποιήσουμε ως ανιχνευτή για τον εντοπισμό του συμπληρωματικού του, όταν το τελευταίο βρίσκεται μαζί με χιλιάδες άλλα κομμάτια. Έτσι, μετά την κατασκευή μιας γονιδιωματικής ή cDNA βιβλιοθήκης, η υβριδοποίηση μπορεί να αξιοποιηθεί για τον εντοπισμό του κλώνου που περιέχει το επιθυμητό τμήμα DNA, με τη χρήση κατάλληλων ιχνηθετημένων μονόκλωνων μορίων DNA ή RNA, τα οποία υβριδοποιούνται με το συγκεκριμένο τμήμα, αφού αυτό έχει προηγουμένως αποδιαταχθεί.

---

**49.** Το πρώτο βήμα για την έκφραση της πληροφορίας που υπάρχει στο DNA είναι η μεταφορά της στο RNA με τη διαδικασία της μεταγραφής. Το RNA μεταφέρει με τη σειρά του, μέσω της διαδικασίας της μετάφρασης, την πληροφορία στις πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για τη δομή και λειτουργία των κυττάρων και κατ' επέκταση και των οργανισμών. Η μετάφραση του mRNA, δηλαδή η αντιστοίχιση των κωδικονίων σε αμινοξέα και η διαδοχική σύνδεση των αμινοξέων σε πολυπεπτιδική αλυσίδα, πραγματοποιείται στα ριβοσώματα με τη βοήθεια των tRNA μορίων και τη συμμετοχή αρκετών πρωτεϊνών και ενέργειας.

α. Να αναφέρετε τις ειδικές περιοχές των tRNA οι οποίες προσδένονται με άλλα μόρια που συμμετέχουν στην διαδικασία της μετάφρασης (μονάδες 4). Να γράψετε δύο κωδικόνια για τα οποία δεν υπάρχουν tRNA που να τους αντιστοιχούν. (μονάδες 2).

β. Να αναφέρετε τους τρόπους με τους οποίους τα ευκαρυωτικά κύτταρα μπορούν και ρυθμίζουν την γονιδιακή έκφραση στο επίπεδο της μετάφρασης (μονάδες 4). Ακόμη και όταν γίνει η πρωτεϊνοσύνθεση και παραχθεί η κατάλληλη πρωτεΐνη το ευκαρυωτικό κύτταρο διαθέτει μη-

χανισμούς με τους οποίους μπορεί να την τροποποιήσει, για να γίνει βιολογικά λειτουργική. Να περιγράψετε με ποιο τρόπο μπορούν να τροποποιηθούν οι πρωτεΐνες μετά τη σύνθεσή τους (μονάδες 2).

Μονάδες 12

α. Κάθε μόριο tRNA έχει μια ειδική τριπλέτα νουκλεοτιδίων, το αντικωδικόνιο, με την οποία προσδέεται, λόγω συμπληρωματικότητας, με το αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA. Επιπλέον, κάθε μόριο tRNA διαθέτει μια ειδική θέση σύνδεσης με ένα συγκεκριμένο αμινοξύ. Τα κωδικόνια για τα οποία δεν υπάρχουν tRNA που να αντιστοιχούν σε αυτά είναι τα κωδικόνια λήξης όπως 5' UGA 3', 5' UAG 3' (εναλλακτικά: 5' UAA 3').

β. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η γονιδιακή έκφραση ρυθμίζεται και στο επίπεδο της μετάφρασης. Ο χρόνος που «ζουν» τα μόρια mRNA στο κυτταρόπλασμα δεν είναι ο ίδιος για όλα τα είδη RNA, επειδή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αποικοδομούνται. Επίσης, ποικίλλει και η ικανότητα πρόσδεσης του mRNA στα ριβοσώματα. Με τη ρύθμιση αυτή, ελέγχεται η ποσότητα της παραγόμενης πρωτεΐνης. Ταυτόχρονα, μέσω των πολυσωμάτων, η πρωτεΐνοσύνθεση καθίσταται μια «οικονομική διαδικασία». Ένα κύτταρο μπορεί να παραγάγει μεγάλα ποσά μιας πρωτεΐνης από ένα ή από δύο αντίγραφα ενός γονιδίου. Οι πρωτεΐνες, για να γίνουν βιολογικά λειτουργικές, μπορεί να χρειαστούν απομάκρυνση ορισμένων αμινοξέων από το αρχικό αμινοκικό άκρο τους (συνήθως) ή μπορεί να υποστούν προσθήκη μη πρωτεϊνικών ομάδων (π.χ. σακχάρων) στους αγωγούς του ενδοπλασματικού δικτύου.

52. Κατά τη διάρκεια της μετάφρασης I, των άωρων γεννητικών κυττάρων, τα ζεύγη των ομόλογων χρωμοσωμάτων ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.

α. Να γράψετε με ποιον μηχανισμό μετακινούνται τα ζεύγη των χρωμοσωμάτων προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου κατά τη μετάφραση I (μονάδες 3) και να συγκρίνετε την τελική τοποθέτησή τους εκεί με την τοποθέτηση των χρωμοσωμάτων κατά τη μετάφραση της μίτωσης (μονάδες 3).

β. Να ονομάσετε το φαινόμενο της μετάφρασης I που συμβάλλει στην γενετική ποικιλομορφία των οργανισμών (μονάδες 3) και να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Με την έναρξη της μετάφρασης I τα ζεύγη των ομόλογων χρωμοσωμάτων που έχουν δημιουργηθεί με σύναψη εγκαταλείπουν τις τυχαίες θέσεις που καταλάμβαναν κατά την πρόφαση και αρχίζουν να μετακινούνται κατά μήκος των νηματίων της ατράκτου, προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Αυτό επιτελείται με τη βοήθεια των ίδιων των νηματίων της ατράκτου. Κατά την μιτωτική μετάφραση ο στοίχος που δημιουργείται είναι στοίχος μεμονωμένων χρωμοσωμάτων ενώ στην μετάφραση I το κάθε χρωμόσωμα τοποθετείται απέναντι στο ομόλογό του, με αποτέλεσμα να δημιουργείται στοίχος ζευγών ομόλογων χρωμοσωμάτων.

β. Το φαινόμενο αυτό λέγεται ανεξάρτητος συνδυασμός των χρωμοσωμάτων. Πρόκειται για έναν μηχανισμό αναδιανομής των γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά, μη ομόλογα, χρωμοσώματα. Στην μετάφραση I κάθε χρωμόσωμα από τα μέλη κάθε ζευγαριού ομόλογων μπορεί να κατευθυνθεί είτε προς τον έναν είτε προς τον άλλο πόλο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών συνδυασμών.

53. Η μετάφραση (πρωτεΐνοσύνθεση) αποτελεί βήμα της έκφρασης της γενετικής πληροφορίας

ας, κατά το οποίο δημιουργείται μια πεπτιδική αλυσίδα, με βάση την πληροφορία που περιέχεται σε ένα μόριο mRNA. Η αντιστοίχιση των νουκλεοτιδίων του mRNA με τα αμινοξέα των πρωτεϊνών γίνεται μέσω του γενετικού κώδικα και πιο συγκεκριμένα κάθε κωδικόνιο-τριπλέτα του mRNA αντιστοιχεί σε ένα αμινοξύ, με εξαίρεση τα κωδικόνια λήξης.

α. Να περιγράψετε ποια μόρια, κατά την έναρξη της μετάφρασης, συνδέονται μεταξύ τους, σύμφωνα με τους κανόνες της συμπληρωματικότητας των βάσεων (μονάδες 4). Να δικαιολογήσετε τη χρησιμότητα των θέσεων εισδοχής για tRNA στη μεγάλη ριβοσωμική υπομονάδα κατά την μεταφραστική διαδικασία (μονάδες 2).

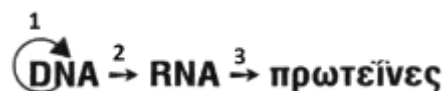
β. Να γράψετε τον λόγο για τον οποίο η μετάφραση σταματά στα κωδικόνια λήξης (μονάδες 3) και να ονομάσετε τρία οργανίδια του κυττάρου στα οποία θα μπορούσε να παρατηρηθεί η διαδικασία της μετάφρασης (μονάδες 3).

Μονάδες 12

α. 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. Επίσης, το πρώτο κωδικόνιο του mRNA, που είναι πάντοτε 5' AUG 3', προσδένεται στο αντικωδικόνιο του tRNA (3' UAC 5') που μεταφέρει το αμινοξύ μεθειονίνη, σύμφωνα με τους κανόνες της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Όταν το ριβόσωμα κινείται κατά μήκος του mRNA κατά ένα κωδικόνιο ένα επόμενο μόριο tRNA, με αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του κωδικονίου του mRNA, τοποθετείται πάντα στη δεύτερη κατάλληλη εισδοχή του ριβοσώματος, μεταφέροντας το επόμενο αμινοξύ. Το αμινοξύ αυτό συνδέεται με πεπτιδικό δεσμό με αμινοξύ του προηγούμενου tRNA. Συνεπώς, οι θέσεις εισδοχής για tRNA στη μεγάλη ριβοσωμική υπομονάδα σχετίζονται με την δημιουργία του πεπτιδικού δεσμού.

β. Η επιμήκυνση σταματά σε ένα κωδικόνιο λήξης (5' UGA 3', 5' UAG 3' ή 5' UAA 3'), επειδή δεν υπάρχουν tRNA που να αντιστοιχούν σε αυτά. Τα οργανίδια του κυττάρου στα οποία πραγματοποιείται η μετάφραση είναι τα μιτοχόνδρια, οι χλωροπλάστες και το αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο, τα οποία διαθέτουν ριβοσώματα.

57. Το 1958, πέντε χρόνια μετά την ανακάλυψη της διπλής έλικας του DNA, ο Francis Crick πρότεινε το κεντρικό δόγμα της Μοριακής Βιολογίας για να «περιγράψει» τη ροή της γενετικής πληροφορίας, το οποίο συνοψίζεται στο ακόλουθο σχήμα:



α. Να ονομάσετε τις διαδικασίες που υποδεικνύουν τα βέλη 1, 2 και 3 (μονάδες 3) και να αναφέρετε σε ποιες περιοχές ή/και οργανίδια ενός ευκαρυωτικού κυττάρου πραγματοποιείται η κάθε μία από αυτές (μονάδες 3).

β. Να αναφέρετε τα είδη του RNA που συναντώνται τόσο στα προκαρυωτικά, όσο και στα ευκαρυωτικά κύτταρα και να περιγράψετε τη λειτουργία του καθενός από αυτά (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Η διαδικασία 1 απεικονίζει την αντιγραφή του DNA, η διαδικασία 2 τη μεταγραφή και η διαδικασία 3 τη μετάφραση. Αντιγραφή και μεταγραφή πραγματοποιούνται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες (αν υπάρχουν), ενώ η μετάφραση στο κυτταρόπλασμα (τόσο στα ελεύθερα ριβοσώματά του, όσο και σε εκείνα που εντοπίζονται στην επιφάνεια του αδρού ενδοπλασματικού δικτύου). Επίσης, η μετάφραση πραγματοποιείται στα μιτοχόνδρια και, εφόσον υπάρχουν, στους χλωροπλάστες.

β. Τόσο στα προκαρυωτικά, όσο και στα ευκαρυωτικά συναντώνται τρία είδη μορίων RNA: το αγγελιαφόρο RNA (mRNA), το μεταφορικό RNA (tRNA) και το ριβοσωμικό RNA (rRNA). Οι λει-

τουργίες του καθενός από αυτά είναι οι ακόλουθες:

**Αγγελιαφόρο RNA (mRNA):** Τα μόρια αυτά μεταφέρουν την πληροφορία του DNA για την παραγωγή μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

**Ριβοσωμικό RNA (rRNA):** Τα μόρια αυτά συνδέονται με πρωτεΐνες και σχηματίζουν το ριβόσωμα, ένα οργανίδιο απαραίτητο για την πραγματοποίηση της πρωτεϊνοσύνθεσης.

**Μεταφορικό RNA (tRNA):** Κάθε μεταφορικό tRNA συνδέεται με ένα συγκεκριμένο αμινοξύ και το μεταφέρει στη θέση της πρωτεϊνοσύνθεσης.

---

**59.** Στους πολυκύτταρους οργανισμούς συναντάμε το φαινόμενο της κυτταρικής διαφοροποίησης, όπου από το ένα πρώτο κύτταρο, το ζυγωτό, προκύπτουν οι διάφορες κατηγορίες κυττάρων του οργανισμού. Σε αυτή τη διαδικασία κύριο ρόλο παίζει η διαφορική έκφραση των γονιδίων, η οποία επιτυγχάνεται με τα πολλαπλά επίπεδα γονιδιακής ρύθμισης. Από την άλλη μεριά, στους προκαρυωτικούς οργανισμούς η γονιδιακή ρύθμιση είναι πιο απλή, αφού όλα τα κύτταρα μιας βακτηριακής αποικίας είναι κατά βάση ίδια.

α. Να εξηγήσετε πως συνδέεται το φαινόμενο της κυτταρικής διαφοροποίησης με τη ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς (μονάδες 6).

β. Εφόσον τα βακτηριακά κύτταρα δεν υφίστανται κυτταρική διαφοροποίηση, να αναλύσετε ποιο σκοπό εξυπηρετεί η γονιδιακή ρύθμιση στους προκαρυωτικούς οργανισμούς (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Ο όρος γονιδιακή έκφραση αναφέρεται συνήθως σε όλη τη διαδικασία με την οποία ένα γονίδιο ενεργοποιείται, για να παραγάγει μια πρωτεΐνη. Η ύπαρξη και η λειτουργία ενός προγράμματος ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης, παρέχει τις οδηγίες για το είδος και την ποσότητα των πρωτεϊνών, οι οποίες πρέπει να παραχθούν σε κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η ζωή στους πολυκύτταρους οργανισμούς αρχίζει, όταν ένα γονιμοποιημένο ωάριο διαιρείται με μίτωση και παράγει τρισεκατομμύρια κύτταρα, που έχουν το ίδιο γενετικό υλικό (DNA). Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα, μέσω μιας διαδικασίας, που συνολικά αναφέρεται ως κυτταρική διαφοροποίηση, εξειδικεύονται, για να επιτελέσουν επιμέρους λειτουργίες και αυτό το επιτυγχάνουν εκφράζοντας τη γενετική τους πληροφορία επιλεκτικά. Η τελειοποίηση, λοιπόν, των συστημάτων ελέγχου της γονιδιακής έκφρασης είναι αναγκαία και λόγω της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας των ευκαρυωτικών κυττάρων, αλλά και επειδή πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών. Κατά συνέπεια, η ρύθμιση των γονιδίων στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται σε πολλά επίπεδα.

β. Τα κύτταρα που ανήκουν σε ένα βακτηριακό στέλεχος είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους. Ωστόσο, στα βακτήρια η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης αποσκοπεί κυρίως στην προσαρμογή του οργανισμού στις εναλλαγές του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι καλύτερες συνθήκες για τη βασική λειτουργία του, που είναι η αύξηση και η διαίρεση.

---

**64.** 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.

α. Να ονομάσετε τις αλληλουχίες DNA ή γονίδια που ρυθμίζουν την έκφραση των δομικών γονιδίων στο οπερόνιο της λακτόζης (μονάδες 3) και να αναφέρετε τον τρόπο με τον οποίο συμμετέχουν στη ρύθμιση αυτή (μονάδες 3).

β. Συμφωνείτε με την άποψη ότι στους προκαρυωτικούς οργανισμούς όλα τα γονίδια μετα-



γράφονται συνεχώς συνθέτοντας πρωτεΐνες που χρειάζονται για τις βασικές λειτουργίες του κυττάρου τους (μονάδα 2); Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας εξηγώντας παράλληλα που αποσκοπεί η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους προκαρυωτικούς οργανισμούς (μονάδες 5).

Μονάδες 13

α. Οι αλληλουχίες DNA που ρυθμίζουν τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων είναι:

Ρυθμιστικό γονίδιο: Παράγει την πρωτεΐνη-καταστολέα που εμποδίζει την έκφραση των δομικών γονιδίων (όταν το κύτταρο δεν χρειάζεται τα ένζυμα μεταβολισμού της λακτόζης).

Υποκινητής: Πάνω σε αυτόν προσδένεται η RNA πολυμεράση, με την βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων, ώστε να προχωρήσει στη μεταγραφή των δομικών γονιδίων.

Χειριστής: Πάνω σε αυτόν προσδένεται η πρωτεΐνη-καταστολέας για να εμποδίσει την RNA πολυμεράση να μεταγράψει τα δομικά γονίδια.

β. Όχι. Στα βακτήρια η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης αποσκοπεί κυρίως στην προσαρμογή του οργανισμού στις εναλλαγές του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι καλύτερες συνθήκες για τη βασική λειτουργία του, που είναι η αύξηση και η διαίρεση. Έτσι, ενώ μερικά γονίδια μεταγράφονται συνεχώς και κωδικοποιούν πρωτεΐνες, που χρειάζονται για τις βασικές λειτουργίες του κυττάρου, άλλα μεταγράφονται μόνο όταν το κύτταρο αναπτύσσεται σε ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες, επειδή τα προϊόντα των γονιδίων αυτών είναι απαραίτητα για την επιβίωση του κυττάρου στις συνθήκες αυτές.

67. Η μεταγραφή αποτελεί κομβική διαδικασία στην έκφραση ενός γονιδίου. Κατά τη διαδικασία της μεταγραφής η γενετική πληροφορία ενός γονιδίου μεταφέρεται στο RNA. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα κατά τη ροή της γενετικής πληροφορίας. Ένα σύνολο μηχανισμών ελέγχει ποια γονίδια θα μεταγραφούν σε ένα ευκαρυωτικό κύτταρο.

α. Να αναφέρετε τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής ενός ευκαρυωτικού γονιδίου, να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο ελέγχουν την έναρξη της μεταγραφής και να εξηγήσετε αν κατά την έναρξη της μεταγραφής ελέγχεται, εκτός από την ποιότητα των πρωτεϊνών που παράγονται σε ένα ευκαρυωτικό κύτταρο, και η ποσότητά τους (μονάδες 6).

β. Να περιγράψετε τις αντιδράσεις που καταλύει το βασικό ένζυμο της μεταγραφής (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής είναι ο υποκινητής και οι μεταγραφικοί παράγοντες. Το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων δεν οργανώνεται σε οπερόνια αλλά κάθε γονίδιο έχει το δικό του υποκινητή και μεταγράφεται αυτόνομα. Η RNA πολυμεράση λειτουργεί (όπως και στους προκαρυωτικούς οργανισμούς) με τη βοήθεια πρωτεϊνών, που ονομάζονται μεταγραφικοί παράγοντες. Μόνο που στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς οι μεταγραφικοί παράγοντες παρουσιάζουν τεράστια ποικιλία. Κάθε κυτταρικός τύπος περιέχει διαφορετικά είδη μεταγραφικών παραγόντων. Διαφορετικός συνδυασμός μεταγραφικών παραγόντων ρυθμίζει τη μεταγραφή κάθε γονιδίου. Μόνο όταν ο σωστός συνδυασμός των μεταγραφικών παραγόντων προσδεθεί στον υποκινητή ενός γονιδίου, αρχίζει η RNA πολυμεράση τη μεταγραφή ενός γονιδίου. Κατά τη μεταγραφή ενός ευκαρυωτικού γονιδίου, ένα σύνολο μηχανισμών ελέγχουν ποια γονίδια θα μεταγραφούν ή/και με ποια ταχύτητα θα γίνει η μεταγραφή. Επίσης, πολλά μόρια mRNA μπορούν να μεταγράφονται από ένα μόνο γονίδιο. Άρα η ρύθμιση που γίνεται είναι και ποσοτική, εκτός από ποιοτική.

β. Η RNA πολυμεράση, το βασικό ένζυμο της μεταγραφής προσδένεται στον υποκινητή του γονιδίου με τη βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων, προκαλώντας τοπικό ξετύλιγμα της δι-

πλής έλικας του DNA. Στη συνέχεια τοποθετεί τα ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια της μιάς αλυσίδας DNA, συνδέοντας τα με 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό, σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Άρα καταλύει το ξετύλιγμα της διπλής έλικας (διάσπαση των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των βάσεων του DNA) και τη δημιουργία φωσφοδιεστερικών δεσμών μεταξύ ριβονουκλεοτιδίων του νεοσυντιθέμενου RNA.

---

**69.** Παρά τη γενικευμένη παρουσία του DNA στους σημερινούς οργανισμούς, εξελικτικά δεν φαίνεται να αποτέλεσε το πρώτο μόριο αποθήκευσης πληροφοριών. Σύμφωνα με την υπόθεση εξέλιξης της ζωής με βάση το RNA, το RNA θεωρείται ότι ήταν το πρώτο γενετικό υλικό, που εμφάνιζε ταυτόχρονα και καταλυτική δράση. Σήμερα, το RNA δεν είναι απλώς ένα ενδιάμεσο μόριο ανάμεσα στο DNA και τις πρωτεΐνες, αλλά ένα δυναμικό και λειτουργικά αυτόνομο πολυμερές που ρυθμίζει ένα εύρος κυτταρικών λειτουργιών.

α. Να ονομάσετε τα είδη RNA που γνωρίζετε ότι παράγονται με τη διαδικασία της μεταγραφής (μονάδες 4) και να γράψετε σε ποιο/α είδος/η κυττάρου/ων εντοπίζονται φυσιολογικά το καθένα (μονάδες 2).

β. Να αναφέρετε, με βάση τα σημερινά δεδομένα, σε ποιες περιπτώσεις λειτουργεί το RNA ως γενετικό υλικό (μονάδες 2) και να εξηγήσετε πώς το RNA μπορεί να μετατραπεί σε DNA (μονάδες 4).

Μονάδες 12

α. Τα είδη RNA που παράγονται με τη μεταγραφή είναι: το αγγελιαφόρο RNA (mRNA), το μεταφορικό RNA (tRNA), το ριβοσωμικό RNA (rRNA) και το μικρό πυρηνικό RNA (snRNA). Τα τρία πρώτα είδη υπάρχουν και στους προκαρυωτικούς και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, αλλά το τέταρτο υπάρχει μόνο στους ευκαρυωτικούς.

β. Το RNA λειτουργεί ως γενετικό υλικό σε μερικούς ιούς (π.χ. HIV). Σε κάποιους από αυτούς τους RNA ιούς υπάρχει ένα ένζυμο, η αντίστροφη μεταγραφάση, που χρησιμοποιεί το RNA ως καλούπι για τη σύνθεση DNA. Συνεπώς, το RNA μπορεί να μετατραπεί σε DNA μέσω της αντίστροφης μεταγραφής με τη συμμετοχή του ενζύμου αντίστροφη μεταγραφάση.

---

**91.** Οι μεταβολικές διεργασίες των οργανισμών, διεξάγονται, στο σύνολό τους, με τη βοήθεια των πρωτεϊνών (ενζύμων) που συντίθενται μέσα στα κύτταρά τους. Η παραγωγή των πρωτεϊνών είναι αποτέλεσμα της έκφρασης των γονιδίων των κυττάρων και περιγράφεται σχηματικά από το Κεντρικό Δόγμα της Μοριακής Βιολογίας (Κ.Δ.Μ.Β).

α. Να αναφέρετε τις δύο βασικές διαδικασίες που αφορούν στην έκφραση των γενετικών πληροφοριών, όπως αυτές καταγράφηκαν στην αρχική μορφή του Κ.Δ.Μ.Β (μονάδες 2) και να εξηγήσετε συνοπτικά τι περιλαμβάνουν αυτές (μονάδες 4).

β. Να περιγράψετε με ποιους τρόπους ένα ευκαρυωτικό κύτταρο είναι σε θέση να αυξάνει το ρυθμό παραγωγής μιας ή περισσότερων πρωτεϊνών όταν οι ανάγκες του το απαιτούν (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Οι λειτουργίες αυτές, όπως καταγράφονται στην αρχική μορφή του Κ.Δ.Μ.Β, που εξυπηρετούν την έκφραση των γενετικών πληροφοριών είναι η μεταγραφή και η μετάφραση. Η μεταγραφή των γονιδίων αφορά στην παραγωγή όλων των ειδών μορίων RNA, που θα εμπλακούν με οποιοδήποτε τρόπο στην πρωτεϊνοσύνθεση. Η μετάφραση αφορά στην μετάβαση από την γλώσσα των γενετικών πληροφοριών στην γλώσσα των πρωτεϊνικών προϊόντων. Πρόκειται, δηλαδή, για την αντιστοίχιση των νουκλεοτιδίων (κωδικονίων) του mRNA με τα αμινοξέα και

τη σύνδεση των αμινοξέων μεταξύ τους σε πεπτιδική αλυσίδα.

β. Όταν οι ανάγκες του κυττάρου απαιτούν αύξηση στην παραγωγή μιας πρωτεΐνης, τότε το κύτταρο μπορεί να αυξάνει τον ρυθμό της έκφρασης του γονιδίου της. Αυτό μπορεί να το καταφέρνει είτε στο επίπεδο της μεταγραφής και των διαδικασιών που την ακολουθούν στον πυρήνα, είτε στο επίπεδο της μετάφρασης και των διαδικασιών που την ακολουθούν στο κυτταρόπλασμα. Πιο συγκεκριμένα κατά την έκφραση ενός γονιδίου, η μεταγραφή της μη κωδικής αλυσίδας του γονιδίου μπορεί να γίνεται αρκετές φορές, οπότε να αυξάνεται ο αριθμός των παραγόμενων μορίων mRNA. Επίσης, υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί που ελέγχουν με ποια ταχύτητα θα γίνει η μεταγραφή. Στο επίπεδο μετά τη μεταγραφή ελέγχεται η ταχύτητα εξόδου των ώριμων μορίων mRNA από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα. Στο επίπεδο της μετάφρασης ο χρόνος που «ζουν» τα μόρια mRNA στο κυτταρόπλασμα δεν είναι ο ίδιος για όλα τα είδη RNA, επειδή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αποικοδομούνται. Επίσης, ποικίλλει και η ικανότητα πρόσδεσης του mRNA στα ριβοσώματα. Τέλος, η ταυτόχρονη μετάφραση περισσότερων μορίων mRNA στους σχηματισμούς που ονομάζονται πολυσώματα, καθιστά την πρωτεϊνοσύνθεση μια «οικονομική διαδικασία», καθώς με αυτό τον τρόπο ένα κύτταρο μπορεί να παραγάγει μεγάλα ποσά μιας πρωτεΐνης από ένα ή από δύο αντίγραφα ενός γονιδίου.

---

**96.** Οι γενετικές πληροφορίες που βρίσκονται στα γονίδια μεταφέρονται στο mRNA με βάση τη συμπληρωματικότητα των νουκλεοτιδικών βάσεων. Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA καθορίζει, με τη σειρά της, την αλληλουχία των αμινοξέων των πεπτιδικών αλυσίδων που κωδικοποιούν τα γονίδια αυτά με βάση έναν γενετικό κώδικα αντιστοίχισης νουκλεοτιδίων mRNA με αμινοξέα πρωτεϊνών.

α. Συμφωνείτε με την άποψη ότι μια τριάδα νουκλεοτιδίων, το κωδικόνιο, κωδικοποιεί για ένα αμινοξύ (μονάδες 2); Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας περιγράφοντας πώς οδηγήθηκαν οι επιστήμονες στο αντίστοιχο συμπέρασμα (μονάδες 3) αναφέροντας, παράλληλα, σε ποια μόρια αναφέρονται οι όροι κωδικόνιο και αντικωδικόνιο (μονάδες 2).

β. Να αναφέρετε σε ποιο χαρακτηριστικό του γενετικού κώδικα οφείλεται το γεγονός ότι το mRNA από οποιονδήποτε οργανισμό μπορεί να μεταφραστεί σε εκχυλίσματα φυτικών, ζωικών ή βακτηριακών κυττάρων *in vitro* και να παραγάγει την ίδια πρωτεΐνη (μονάδα 2) και να εξηγήσετε σε ποια άλλη ιδιότητα των κυττάρων οφείλεται το γεγονός αυτό (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Είναι σωστή η άποψη ότι μια τριάδα νουκλεοτιδίων κωδικοποιεί ένα αμινοξύ. Έτσι ο γενετικός κώδικας χαρακτηρίζεται ως τριαδικός. Επειδή ο αριθμός των διαφορετικών αμινοξέων που συγκροτούν τις πρωτεΐνες είναι είκοσι και, αντίστοιχα, ο αριθμός των διαφορετικών νουκλεοτιδίων που συγκροτούν το RNA είναι τέσσερα, θεωρήθηκε πιθανό ότι τρία νουκλεοτίδια αντιστοιχούν σε ένα αμινοξύ και γι' αυτό ο γενετικός κώδικας ονομάστηκε κώδικας τριπλέτας. Ο κώδικας τριπλέτας είναι φυσική συνέπεια του γεγονότος ότι τέσσερα νουκλεοτίδια, αν συνδυαστούν ανά ένα ( $4^1=4$ ) ή ανά δύο ( $4^2=16$ ), δε δίνουν αρκετούς συνδυασμούς για να κωδικοποιηθούν τα είκοσι αμινοξέα. Αν όμως συνδυαστούν ανά τρία ( $4^3=64$ ) οι συνδυασμοί είναι παραπάνω από αρκετοί. Ο όρος κωδικόνιο αναφέρεται στο DNA (ή RNA για τους RNA ιούς) και στο mRNA, ενώ ο όρος αντικωδικόνιο στο tRNA.

β. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του γενετικού κώδικα να είναι σχεδόν καθολικός επειδή όλοι οι οργανισμοί (με ελάχιστες εξαιρέσεις) έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Η ιδιότητα που έχουν τα κύτταρα και εξυπηρετεί το σκοπό αυτό, δηλαδή την έκφραση, σε εκχυλίσματά τους οποιουδήποτε mRNA (υπό προϋποθέσεις για εκείνα των ευκαρυωτικών οργανισμών και των ιών που τους προσβάλλουν) είναι το γεγονός ότι διαθέτουν ριβοσώματα στα οποία πραγματοποιείται η διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης.

---

**103.** Πολλά είδη ενζύμων δρουν έχοντας ως υπόστρωμα τα νουκλεϊκά οξέα. Μια συγκεκριμένη κατηγορία αυτών αποτελούν οι νουκλεάσες, οι οποίες δρουν καταλύοντας την υδρόλυση των φωσφοδιεστερικών δεσμών. Ορισμένες νουκλεάσες δρουν μόνο πάνω στο DNA, ενώ άλλες μόνο στο RNA. Κάποιες απ' αυτές δρουν μόνο στα ελεύθερα άκρα του DNA (εξωνουκλεάσες) ενώ άλλες δρουν στο εσωτερικό της αλυσίδας και ονομάζονται ενδονουκλεάσες.

α. Να αναφέρετε τις κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται τα ένζυμα ανάλογα με τον τόπο δράσης τους στον οργανισμό (μονάδες 3) και να εξηγήσετε τον τρόπο ονοματολογίας των ενζύμων (μονάδες 3).

β. Να αναφέρετε τρία ένζυμα του κυττάρου που μπορούν να χαρακτηριστούν ως νουκλεάσες, σύμφωνα με τη δράση τους, εξηγώντας επιγραμματικά το ρόλο τους (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Τα ένζυμα, ανάλογα με το αν δρουν μέσα στα κύτταρα του οργανισμού ή εκκρίνονται και δρουν έξω από αυτά, σε κοιλότητες όπως το στομάχι, διακρίνονται σε ενδοκυτταρικά και εξωκυτταρικά αντίστοιχα. Τα ένζυμα παίρνουν συνήθως το όνομά τους είτε με προσθήκη της κατάληξης "-άση" στο όνομα του υποστρώματος στο οποίο δρουν, είτε από τον τύπο της αντίδρασης που καταλύουν. Για παράδειγμα, οι λιπάσες καταλύουν αντιδράσεις διάσπασης λιπιδίων.

β. Παραδείγματα νουκλεασών:

1. DNA πολυμεράση: λειτουργεί διασπώντας φωσφοδιεστερικούς δεσμούς κατά την αφαίρεση των πρωταρχικών τμημάτων και κατά την επιδιόρθωση λαθών.

2. Επιδιορθωτικά ένζυμα της αντιγραφής: Τα λάθη που δεν επιδιορθώνονται από τις DNA πολυμεράσες, επιδιορθώνονται σε μεγάλο ποσοστό από ειδικά επιδιορθωτικά ένζυμα. Έτσι ο αριθμός των λαθών περιορίζεται στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς στο ένα στα  $10^{10}$ .

3. Περιοριστικές ενδονουκλεάσες: 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'

3'-C T T A A G-5' στο γονιδίωμα, κόβει κάθε αλυσίδα μεταξύ του νουκλεοτιδίου G και του A (με κατεύθυνση 5'  $\leftarrow$  3').

(εναλλακτικά: Μπορεί να γίνει αναφορά και στα μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια, τα οποία αποτελούνται από snRNA και από πρωτεΐνες και λειτουργούν ως ένζυμα: κόβουν τα εσώνια και συρράπτουν τα εξώνια, μετατρέποντας το πρόδρομο mRNA σε ώριμο).

---

**104.** Για να αναπτυχθεί ένας μικροοργανισμός είναι απαραίτητο να μπορεί να προμηθεύεται από το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται μια σειρά θρεπτικών συστατικών. Σ' αυτά περιλαμβάνονται ο άνθρακας, το άζωτο, διάφορα μεταλλικά ιόντα και το νερό.

α. Να περιγράψετε τη δομή ενός νουκλεοτιδίου και ενός αμινοξέος (μονάδες 4). Να εξηγήσετε, με βάση τη δομή που περιγράψατε, το φαινόμενο όπου σε θρεπτικό υλικό που περιείχε μόνο τα θρεπτικά συστατικά που αναφέρονται στην εκφώνηση, δεν αναπτύχθηκαν μικροοργανισμοί (μονάδες 3).

β. Να εξηγήσετε πώς επιβιώνουν ορισμένα βακτήρια όταν στο θρεπτικό τους υλικό υπάρχει απουσία αμινοξέων (μονάδες 6).

Μονάδες 13

α. Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό. Το σταθερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την πλευρική ομάδα (η οποία μπορεί να περιλαμβάνει και θείο). Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από μία πεντόζη, τη δεοξυριβόζη ή ριβόζη, ενωμένη με μία φωσφορική ομάδα και μία αζωτούχο βάση. Στα νουκλεοτίδια του DNA η αζωτούχος βάση μπορεί να είναι μία από τις: αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και θυμίνη (T), ενώ στα νουκλεοτίδια του RNA αντί για θυμίνη υπάρχει ουρακίλη (U). Σε κάθε νουκλεοτίδιο η αζωτούχος βάση συνδέεται με τον 1' άνθρακα της δεοξυριβόζης και η φωσφορική ομάδα με τον 5' άνθρακα.

Για τη σύνθεση των νουκλεοτιδίων και των αμινοξέων απαιτούνται τα εξής χημικά στοιχεία: άνθρακας, άζωτο, υδρογόνο, οξυγόνο αλλά και θείο που περιλαμβάνεται στα αμινοξέα (όπως για παράδειγμα σε εκείνα της ινσουλίνης), καθώς και ο φώσφορος που περιλαμβάνεται στα νουκλεοτίδια (εναλλακτικά στα φωσφολιπίδια των μεμβρανών του κυττάρου). Συμπερασματικά, τα θρεπτικά συστατικά που αναφέρονται δεν επαρκούν για τη σύνθεση των απαραίτητων βιομορίων για την επιβίωση των μικροοργανισμών και γι' αυτό και δεν αναπτύχθηκαν στο συγκεκριμένο θρεπτικό μέσο.

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. Επομένως τα βακτήρια διαθέτουν οπερόνια που εκφράζουν τα κατάλληλα ένζυμα σύνθεσης των αμινοξέων που χρειάζονται. Έτσι μπορούν και αναπτύσσονται σε θρεπτικό υλικό ακόμη και απουσία αμινοξέων.

---