

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

Νουκλεϊκά οξέα

Είναι τα: DNA, RNA

Ρόλος του DNA: α) ελέγχει λειτουργίες κυττάρου

β) καθορίζει χαρακτηριστικά οργανισμών

Δομική μονάδα: **νουκλεοτίδιο**

Το νουκλεοτίδιο αποτελείται από:

1. Μία **φωσφορική ομάδα**
2. Μία **πεντόζη** (δεοξυριβόζη στο DNA, ριβόζη στο RNA)
3. Μία **αζωτούχο βάση**

Οι αζωτούχες βάσεις είναι οι εξής:

DNA	RNA
Αδενίνη (A)	Αδενίνη (A)
Θυμίνη (T)	Ουρακίλη (U)
Κυτοσίνη (C)	Κυτοσίνη (C)
Γουανίνη (G)	Γουανίνη (G)

Τα νουκλεοτίδια ενώνονται στη σειρά με ομοιοπολικούς δεσμούς σχηματίζοντας **πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες**.

Το DNA αποτελείται από δύο αλυσίδες → **δίκλωνο** μόριο

Το RNA αποτελείται από μία αλυσίδα → **μονόκλωνο** μόριο

Είδη RNA:

1. **Αγγελιοφόρο (mRNA)**
2. **Μεταφορικό (tRNA)**
3. **Ριβοσωμικό (rRNA)**

Δομή του DNA: περιγράφεται από το μοντέλο της διπλής έλικας των Watson – Crick

1. Το DNA αποτελείται από δύο αλυσίδες που σχηματίζουν δεξιόστροφη διπλή έλικα
2. Οι αζωτούχες βάσεις, ως υδρόφοβες, βρίσκονται στο εσωτερικό του μορίου

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

3. Οι αζωτούχες βάσεις είναι συμπληρωματικές, δηλαδή, απέναντι στην αδενίνη υπάρχει μια θυμίνη, και απέναντι στην κυτοσίνη υπάρχει μια γουανίνη. Ανάμεσα στις συμπληρωματικές αζωτούχες βάσεις υπάρχουν δεσμοί υδρογόνου: δύο ανάμεσα σε αδενίνη-θυμίνη, τρεις ανάμεσα σε γουανίνη-κυτοσίνη.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι σε κάθε μόριο DNA ισχύουν τα εξής:

1. $A=T$ και $G=C$
2. Οι δεσμοί υδρογόνου δίνονται από τον τύπο: $2A+3C$
3. Οι ομοιοπολικοί δεσμοί είναι κατά δύο λιγότεροι από τα νουκλεοτίδια

Άσκηση

Ένα μόριο DNA έχει 1.500 νουκλεοτίδια. Τα 200 περιέχουν ως αζωτούχο βάση αδενίνη. Α) Να βρείτε πόσες είναι οι υπόλοιπες βάσεις, Β) να βρείτε τους δεσμούς υδρογόνου, Γ) να βρείτε τον αριθμό των ομοιοπολικών δεσμών.

Απάντηση

Η αδενίνη είναι συμπληρωματική με την θυμίνη, άρα ισχύει $T=A=200$.

$A+T=400$, άρα οι κυτοσίνες και οι γουανίνες είναι $1.500-400=1.100$

Επειδή η κυτοσίνη είναι συμπληρωματική με τη γουανίνη, ισχύει $G=C=1.100/2=550$

Υπάρχουν 200 ζεύγη A-T, και 550 ζεύγη G-C. Άρα, οι δεσμοί υδρογόνου είναι $(2 \times 200) + (3 \times 550) = 2.050$

Οι ομοιοπολικοί δεσμοί είναι $1.500 - 2 = 1.498$

Ο **κυτταρικός κύκλος** (ο κύκλος ζωής ενός κυττάρου) αποτελείται από τις εξής φάσεις:

A) **Μεσόφαση** Β) **Μίτωση** (ή κυτταρική διαίρεση)

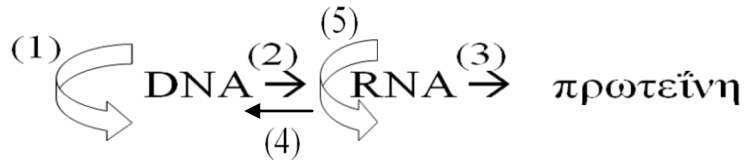
Υποστάδια μεσόφασης: $G_1 - S - G_2$. Κατά το υποστάδιο S πραγματοποιείται ο διπλασιασμός του DNA

Υποστάδια μίτωσης: **πρόφαση – μετάφαση – ανάφαση – τελόφαση**

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας



Όπου:

- 1 → αντιγραφή του DNA
- 2 → μεταγραφή του DNA
- 3 → μετάφραση
- 4 → αντίστροφη μεταγραφή
- 5 → διπλασιασμός του RNA

Οι διαδικασίες 1,2,3 συμβαίνουν σε όλα τα κύτταρα.

Οι διαδικασίες 4,5 συμβαίνουν μόνο σε ιούς που έχουν ως γενετικό υλικό το RNA

Αντιγραφή (διπλασιασμός) του DNA

Πραγματοποιείται στο εσωτερικό του πυρήνα (στα ευκαρυωτικά κύτταρα)

Βήματα:

1. Σπάζουν οι δεσμοί υδρογόνου και οι δύο αλυσίδες αποχωρίζονται
2. Ένα ένζυμο, η **DNA πολυμεράση III**, τοποθετεί συμπληρωματικά νουκλεοτίδια απέναντι στις δύο αλυσίδες
3. Δημιουργούνται δύο νέα μόρια DNA

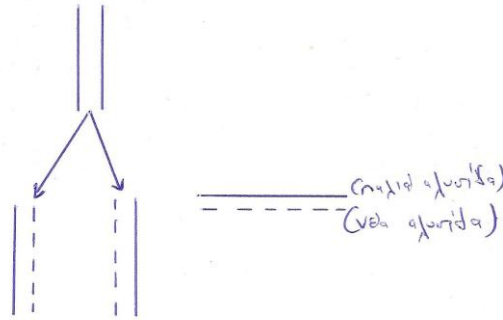
Η DNA πολυμεράση III έχει δύο ιδιότητες:

- A) τοποθετεί συμπληρωματικά νουκλεοτίδια
- B) επιδιορθώνει τα περισσότερα από τα λάθη της

Ο μηχανισμός αντιγραφής του DNA χαρακτηρίζεται ως **ημισυντηρητικός**, δηλαδή, κάθε μόριο DNA αποτελείται από μια παλιά αλυσίδα και από μια νέα.

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος



Μεταγραφή του DNA

Πραγματοποιείται στο εσωτερικό του πυρήνα (στα ευκαρυωτικά κύτταρα)

Βήματα:

1. Σπάζουν οι δεσμοί υδρογόνου και οι δύο αλυσίδες του DNA αποχωρίζονται
2. Ένα ένζυμο, η **RNA πολυμεράση**, τοποθετεί συμπληρωματικά νουκλεοτίδια του RNA απέναντι στη μία μόνο αλυσίδα του DNA
3. Το RNA απελευθερώνεται και οι δύο αλυσίδες του DNA επανενώνονται

Σημείωση!!! Κατά τη μεταγραφή απέναντι από την Α του DNA τοποθετείται U στο RNA

Π.χ. A T C G (μεταγραφόμενη αλυσίδα του DNA)

U A G C (RNA)

Σε αντίθεση με την αντιγραφή, δεν μεταγράφεται όλο το DNA, αλλά συγκεκριμένες περιοχές του, τα **γονίδια**.

Μετάφραση

Η μετάφραση γίνεται με βάση ένα σύνολο κανόνων, τον **Γενετικό Κώδικα**

Τα βασικά σημεία του γενετικού κώδικα είναι τα εξής:

1. Είναι κώδικας **τριπλέτας** (τριαδικός). Δηλ., τρία νουκλεοτίδια κωδικοποιούν ένα αμινοξύ. Αυτά τα νουκλεοτίδια αποτελούν το **κωδικόνιο**.
2. Είναι **συνεχής**. Τα νουκλεοτίδια διαβάζονται ανά τρία, χωρίς να παραλείπεται κανένα.
3. Είναι **μη-επικαλυπτόμενος**. Κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει σε ένα μόνο κωδικόνιο.
4. Είναι **σχεδόν καθολικός (παγκόσμιος)**. Ο γενετικός κώδικας είναι ίδιος σε όλους σχεδόν τους οργανισμούς

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

5. Είναι **εκφυλισμένος**. Κάθε αμινοξύ (με εξαίρεση τη μεθειονίνη και την τρυπτοφάνη) κωδικοποιείται από δύο ή περισσότερα κωδικόνια. Τα κωδικόνια που κωδικοποιούν το ίδιο αμινοξύ λέγονται **συνώνυμα**.
6. Έχει κωδικόνιο **έναρξης** και κωδικόνια **λήξης**. Η μετάφραση ξεκινά πάντοτε από το κωδικόνιο έναρξης AUG, που κωδικοποιεί το αμινοξύ μεθειονίνη, και σταματά πάντοτε σε ένα κωδικόνιο λήξης. Τα κωδικόνια λήξης είναι τα: UAA, UAG, UGA, τα οποία δεν κωδικοποιούν κανένα αμινοξύ.

Απαραίτητα υλικά για τη μετάφραση

Γίνεται στα **ριβασώματα**. Μόνο το mRNA μεταφράζεται

Για να γίνει η μετάφραση χρειάζονται τα εξής:

A. αμινοξέα

B. ενέργεια

Γ. ριβασώματα. Τα ριβασώματα περιέχουν δύο θέσεις εισδοχής μορίων tRNA

Δ. μόρια tRNA. Τα μόρια tRNA μεταφέρουν τα αμινοξέα στα ριβασώματα για να γίνει η σύνθεση των πρωτεϊνών (μετάφραση). Κάθε μόριο tRNA έχει δύο θέσεις σύνδεσης: α) μία θέση όπου συνδέεται ένα συγκεκριμένο αμινοξύ, β) μία τριάδα νουκλεοτιδίων, το αντικωδικόνιο, που συνδέεται με το αντίστοιχο κωδικόνιο με βάση τους κανόνες της συμπληρωματικότητας

Διαδικασία Μετάφρασης

Η μετάφραση χωρίζεται σε τρία στάδια:

1. Έναρξη: Το mRNA συνδέεται με το rRNA του ριβασώματος. Το tRNA που μεταφέρει το αμινοξύ μεθειονίνη συνδέεται, μέσω του αντικωδικονίου του, με το κωδικόνιο έναρξης.
2. Επιμήκυνση: ένα δεύτερο μόριο tRNA συνδέεται με το δεύτερο κωδικόνιο. Τα δύο αμινοξέα ενώνονται με ομοιοπολικό δεσμό (πεπτιδικός). Το ριβόσωμα μετακινείται κατά ένα κωδικόνιο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται.
3. Λήξη: όταν το ριβόσωμα φτάσει σε ένα κωδικόνιο λήξης, στο τελευταίο συνδέεται μια πρωτεΐνη, ο παράγοντας απελευθέρωσης. Το τελευταίο tRNA και το ριβόσωμα απομακρύνονται και η πρωτεΐνη απελευθερώνεται.

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

Σημείωση: ΔΕΝ υπάρχει μόριο tRNA με αντικωδικόνιο συμπληρωματικό προς τα κωδικόνια λήξης

Να σημειωθεί ότι δεν μεταφράζεται όλο το μόριο του mRNA. Οι περιοχές του mRNA που δεν μεταφράζονται λέγονται **αμετάφραστες**.

Άσκηση

Σας δίνεται η αλυσίδα του DNA:

CCCGAATGCCTGGATATAAATAGAAAA

- A) Να γραφεί η συμπληρωματική αλυσίδα DNA
- B) Να μεταγραφεί η αλυσίδα του υποερωτήματος (A)
- Γ) Να γράψετε, με τη σειρά που συμμετέχουν, τα κωδικόνια του mRNA του υποερωτήματος (B)
- Δ) Να γράψετε την αλληλουχία των αμινοξέων της πρωτεΐνης
- E) Να γράψετε, με τη σειρά που συμμετέχουν, τα αντικωδικόνια του tRNA

Λύση

- A) GGGCTTACGGACCTATATTTATCTTAT
- B) CCCGAAUGCCUGGAUAUAUAAAUAGAAAA
- Γ) AUG CCU GGA UAU AAA UAG
- Δ) μεθειονίνη-προλίνη-γλυκίνη-τυροσίνη-λυσίνη
- E) UAC GGA CCU AUA UUU

Άσκηση

Το γονίδιο περιέχει 3.000 νουκλεοτίδια. Το μόριο mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή του γονιδίου αυτού έχει 300 νουκλεοτίδια στις αμετάφραστες περιοχές. Πόσα αμινοξέα περιέχει η πρωτεΐνη που παράγεται από το συγκεκριμένο γονίδιο;

Λύση

Το γονίδιο, ως τμήμα μορίου DNA, είναι δίκλωνο. Αφού μεταγράφεται μόνο η μία αλυσίδα του γονιδίου, το mRNA αποτελείται από 1.500 νουκλεοτίδια. Από αυτά μεταφράζονται τα $1.500 - 300 = 1.200$ νουκλεοτίδια. Επειδή ο γενετικός κώδικας είναι τριπλέτας, υπάρχουν $1.200/3 = 400$ κωδικόνια. Κάθε κωδικόνιο αντιστοιχεί σε ένα αμινοξύ εκτός από το κωδικόνιο λήξης. Άρα η πρωτεΐνη περιέχει $400 - 1 = 399$ αμινοξέα.

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

Άσκηση

Ένα μόριο DNA περιέχει 198 ομοιοπολικούς δεσμούς και 260 δεσμούς υδρογόνου. Ποια είναι η σύστασή του σε αζωτούχες βάσεις;

Λύση

Στο μόριο DNA, ως γραμμικό, ισχύει ότι: νουκλεοτίδια = ομοιοπολικοί δεσμοί+2=198+2=200.

Επειδή κάθε νουκλεοτίδιο περιέχει μία αζωτούχο βάση, ισχύει ότι:

$$A+T+C+G=200.$$

Σε ένα δίκλωνο μόριο DNA ισχύει ότι $A=T$ και $C=G$, επειδή η A είναι συμπληρωματική με την T και η C με την G. Επομένως, η προηγούμενη εξίσωση μετατρέπεται σε $A+A+C+C=200 \Rightarrow 2A+2C = 200$ [1]

Ανάμεσα σε A-T υπάρχουν δύο δεσμοί υδρογόνου και ανάμεσα σε C-G υπάρχουν τρεις δεσμοί υδρογόνου. Άρα: $2A+3C= 260$ [2]

$$[2]-[1] \Rightarrow C=60=G$$

$$[1] \Rightarrow 2A+120=200 \Rightarrow 2A=80 \Rightarrow A=40=T$$

Μορφές DNA κατά τον κυτταρικό κύκλο

Στα προκαρυωτικά κύτταρα το DNA είναι κυκλικό

Στα ευκαρυωτικά κύτταρα το DNA βρίσκεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες. Στον πυρήνα το DNA είναι γραμμικό, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες είναι κυκλικό.

Στον πυρήνα το DNA είναι ενωμένο με πρωτεΐνες και σχηματίζει τη **χρωματίνη**.

Κατά τη μεσόφαση, η χρωματίνη σχηματίζει «λεπτές κλωστούλες», τα **ινίδια χρωματίνης**.

Κατά την κυτταρική διαίρεση, η χρωματίνη συμπυκνώνεται σε δομές που λέγονται **χρωμοσώματα**.

Τα κύτταρα των ανώτερων πολυκύτταρων οργανισμών, π.χ. του ανθρώπου, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα διπλοειδή και τα απλοειδή.

Στα **διπλοειδή** κύτταρα (τα σωματικά), τα χρωμοσώματα είναι ανά δύο όμοια, δηλαδή σχηματίζουν ζεύγη. Τα χρωμοσώματα του ίδιου ζεύγους λέγονται **ομόλογα**, έχουν το ίδιο μέγεθος και περιέχουν γονίδια που ελέγχουν το ίδιο χαρακτηριστικό στην ίδια θέση (**γονιδιακός τύπος**).

Νουκλεϊκά οξέα – Μέρος Α

Δρ. Ιάσων Κωσταρόπουλος

Στα **απλοειδή** κύτταρα, τα χρωμοσώματα δεν σχηματίζουν ζεύγη. Τέτοια κύτταρα είναι οι γαμέτες.

Ο άνθρωπος περιέχει 46 χρωμοσώματα ή 23 ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα **αυτοσωμικά** (44) και τα **φυλετικά** (2). Τα φυλετικά καθορίζουν το φύλο και είναι τα εξής: X και Y. Οι γυναίκες έχουν XX και οι άντρες XY.

Άσκηση

Το κύτταρο Α έχει 22 χρωμοσώματα και το κύτταρο Β έχει 7 χρωμοσώματα. Ποιο είναι διπλοειδές και ποιο απλοειδές; Γιατί;

Λύση

Το κύτταρο Β είναι απλοειδές γιατί περιέχει μόνο αριθμό χρωμοσωμάτων άρα αυτά δεν σχηματίζουν ζεύγη. Το κύτταρο Α είναι διπλοειδές γιατί τα χρωμοσώματα σχηματίζουν ζεύγη λόγω του ζυγού αριθμού.

Ιάσων Κωσταρόπουλος