Κεφάλαιο 2

Αντιγραφή, έκφραση και ρύθμιση της γενετικής πληροφορίας

Από το DNA στην πρωτεΐνη: πώς αντιγράφεται, πώς μεταγράφεται, πώς μεταφράζεται και πώς ρυθμίζεται η γενετική πληροφορία.

1 Βασικοί όροι
2 Κεντρικό δόγμα
3 Αντιγραφή
4 Μεταγραφή
5 Ωρίμανση
6 Γενετικός κώδικας
7 Μετάφραση
8 Ρύθμιση
9 Συγκρίσεις
10 Αυτοέλεγχος

1 Βασικοί όροι

Το κεφάλαιο έχει πολλούς όρους που μοιάζουν (κωδική και μη κωδική, εξώνιο και εσώνιο, καταστολέας και χειριστής). Μάθε τους σε ζευγάρια.

Αντίστροφη μεταγραφή	Σύνθεση DNA με καλούπι RNA, από το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφάση. Τη χρησιμοποιούν ιοί με γενετικό υλικό RNA (ρετροϊοί).
Αντικωδικόνιο	Τριάδα νουκλεοτιδίων του tRNA που ζευγαρώνει, με βάση τη συμπληρωματικότητα, με ένα κωδικόνιο του mRNA.
Γενετικός κώδικας	Ο κανόνας αντιστοίχισης των κωδικονίων του mRNA (και του γονιδίου) με τα αμινοξέα των πρωτεϊνών.
Γονιδιακή έκφραση	Η πορεία από το γονίδιο στο προϊόν του: μεταγραφή σε RNA και, για τα γονίδια πρωτεϊνών, μετάφραση σε πολυπεπτίδιο.
DNA δεσμάση	Ένζυμο που ενώνει με φωσφοδιεστερικό δεσμό τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας κατά την αντιγραφή.

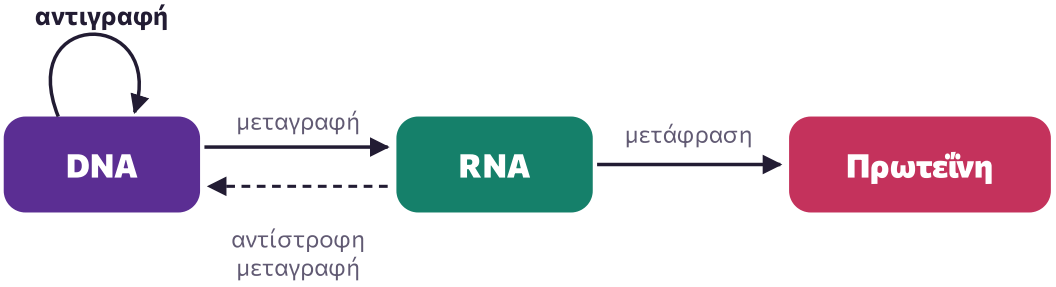
DNA ελικάσες	Ένζυμα που σπάνε τους δεσμούς υδρογόνου και ξετυλίγουν τη διπλή έλικα στις θέσεις αντιγραφής.
DNA πολυμεράσες	Ένζυμα που επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα προσθέτοντας δεοξυριβονουκλεοτίδια 5΄→3΄ και διορθώνουν λάθη ζευγαρώματος.
Δομικά γονίδια	Τα γονίδια ενός οπερονίου που κωδικοποιούν ένζυμα, π.χ. τα τρία ένζυμα του μεταβολισμού της λακτόζης.
Εξώνια	Τμήματα ενός ασυνεχούς γονιδίου (και του πρόδρομου mRNA) που διατηρούνται στο ώριμο mRNA.
Επαγωγέας	Ουσία του περιβάλλοντος που αδρανοποιεί τον καταστολέα και επιτρέπει τη μεταγραφή ενός οπερονίου. Στο οπερόνιο της λακτόζης, η λακτόζη.
Επιδιορθωτικά ένζυμα	Ένζυμα που εντοπίζουν και διορθώνουν λάθη της αντιγραφής που ξέφυγαν από τις DNA πολυμεράσες.
Εσώνια	Ενδιάμεσα τμήματα ασυνεχούς γονιδίου που μεταγράφονται αλλά απομακρύνονται κατά την ωρίμανση και δεν μεταφράζονται.
Ημισυντηρητικός μηχανισμός	Ο τρόπος αντιγραφής του DNA: κάθε νέο μόριο έχει μία μητρική και μία νέα αλυσίδα.
Θέσεις έναρξης αντιγραφής	Σημεία του DNA όπου ξεκινά η αντιγραφή. Μία στα βακτήρια, πολλές σε κάθε ευκαρυωτικό χρωμόσωμα.
Καταστολέας	Πρωτεΐνη που παράγεται από το ρυθμιστικό γονίδιο και, όταν δένεται στον χειριστή, εμποδίζει τη μεταγραφή του οπερονίου.
Κυτταρική διαφοροποίηση	Η εξειδίκευση των κυττάρων στην εμβρυϊκή ανάπτυξη, με έκφραση διαφορετικών γονιδίων σε κάθε κυτταρικό τύπο.
Κωδική αλυσίδα	Η αλυσίδα του γονιδίου που δεν μεταγράφεται. Έχει την ίδια αλληλουχία με το RNA, με T αντί για U.
Κωδικόνιο	Τριάδα νουκλεοτιδίων του mRNA (και κατ' επέκταση του γονιδίου) που αντιστοιχεί σε αμινοξύ ή σε σήμα λήξης.

Μεταγραφικοί παράγοντες	Πρωτεΐνες που βοηθούν την RNA πολυμεράση να προσδεθεί στον υποκινητή και να αρχίσει σωστά τη μεταγραφή.
Μη κωδική αλυσίδα	Η αλυσίδα του γονιδίου που μεταγράφεται. Το RNA είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με αυτήν.
Οπερόνιο	Ομάδα δομικών γονιδίων των προκαρυωτικών που μεταγράφονται μαζί σε ένα mRNA, υπό κοινό έλεγχο.
Πολύσωμα	mRNA πάνω στο οποίο κινούνται ταυτόχρονα πολλά ριβοσώματα, παράγοντας πολλά αντίγραφα της ίδιας πρωτεΐνης.
Πριμόσωμα	Σύμπλοκο ενζύμων που συνθέτει τα πρωταρχικά τμήματα RNA στις θέσεις έναρξης αντιγραφής.
Πρωταρχικά τμήματα	Μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά με τη μητρική αλυσίδα, που χρειάζονται οι DNA πολυμεράσες για να ξεκινήσουν.
Ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια	Σωματίδια από snRNA και πρωτεΐνες που κόβουν τα εσώνια και συρράπτουν τα εξώνια στην ωρίμανση.
Ρυθμιστικό γονίδιο	Γονίδιο που κωδικοποιεί τον καταστολέα ενός οπερονίου. Εκφράζεται συνεχώς.
Συνώνυμα κωδικόνια	Διαφορετικά κωδικόνια που κωδικοποιούν το ίδιο αμινοξύ.
Σύμπλοκο έναρξης	Το σύμπλοκο της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, του mRNA και του tRNA που φέρει μεθειονίνη στο AUG.
Υποκινητής	Αλληλουχία DNA μπροστά από γονίδιο (ή οπερόνιο) όπου προσδένεται η RNA πολυμεράση για να αρχίσει η μεταγραφή.
Χειριστής	Αλληλουχία DNA ανάμεσα στον υποκινητή και τα δομικά γονίδια του οπερονίου, όπου δένεται ο καταστολέας.
snRNA	Μικρά πυρηνικά RNA των ευκαρυωτικών που, μαζί με πρωτεΐνες, καταλύουν την ωρίμανση.

Ωρίμανση	Η μετατροπή του πρόδρομου mRNA σε ώριμο στον πυρήνα των ευκαρυωτικών, με αφαίρεση εσωνίων και ένωση εξωνίων.

2 Το κεντρικό δόγμα της βιολογίας

Περιγράφει τη ροή της γενετικής πληροφορίας. Ο Crick το διατύπωσε αρχικά ως DNA → RNA → πρωτεΐνη. Σήμερα ξέρουμε ότι η πληροφορία μπορεί να περάσει και από το RNA στο DNA, με την αντίστροφη μεταγραφή των ρετροϊών.



Η αντιγραφή διατηρεί την πληροφορία. Μεταγραφή και μετάφραση την εκφράζουν.

> **Προσοχή**
> Ο γενετικός κώδικας **δεν** «μεταφράζει το DNA». Αντιστοιχίζει τα **κωδικόνια του mRNA** σε αμινοξέα.

3 Η αντιγραφή του DNA

Οι Watson και Crick πρότειναν ότι η συμπληρωματικότητα των βάσεων υποδεικνύει τον μηχανισμό: η διπλή έλικα ανοίγει και κάθε αλυσίδα γίνεται καλούπι για μια νέα. Κάθε νέο μόριο έχει μία παλιά και μία νέα αλυσίδα, γι' αυτό ο μηχανισμός λέγεται **ημισυντηρητικός**.

Τα βήματα

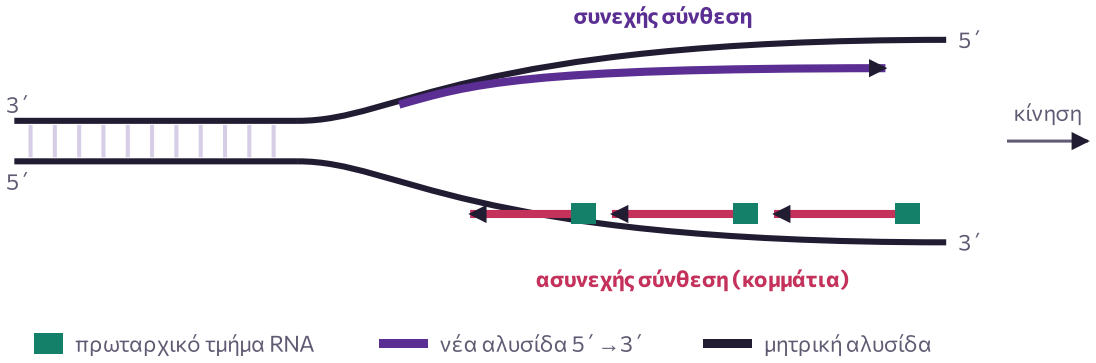
1. **Ξετύλιγμα.** Οι DNA ελικάσες σπάνε τους δεσμούς υδρογόνου στις θέσεις έναρξης αντιγραφής: μία στα βακτήρια, πολλές σε κάθε ευκαρυωτικό χρωμόσωμα.
2. **Πρωταρχικά τμήματα.** Το πριμόσωμα συνθέτει μικρά τμήματα RNA, γιατί οι DNA πολυμεράσες δεν μπορούν να ξεκινήσουν μόνες τους νέα αλυσίδα.

3 **Επιμήκυνση.** Οι DNA πολυμεράσες προσθέτουν δεοξυριβονουκλεοτίδια, πάντα με κατεύθυνση 5΄→3΄, απέναντι από τη μητρική αλυσίδα.

4 **Αντικατάσταση.** Οι DNA πολυμεράσες απομακρύνουν τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστούν με DNA.

5 **Σύνδεση.** Η DNA δεσμάση ενώνει τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας.

6 **Διόρθωση.** Οι DNA πολυμεράσες και τα επιδιορθωτικά ένζυμα διορθώνουν τα λάθη. Τελικά μένει περίπου 1 λάθος σε 10^{10} νουκλεοτίδια.



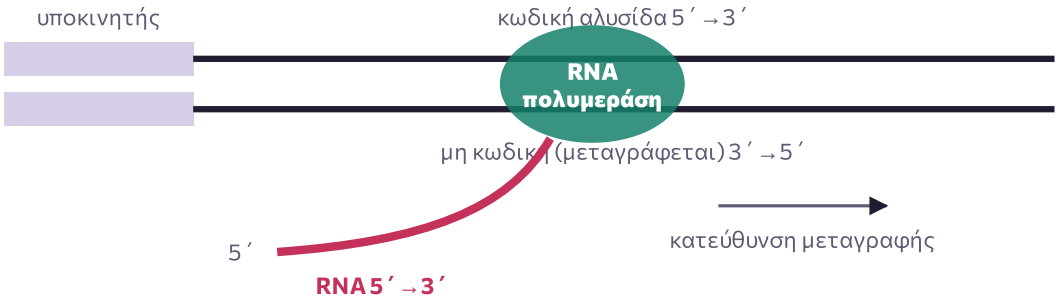
Γιατί η μία αλυσίδα συντίθεται συνεχώς και η άλλη σε κομμάτια: οι δύο μητρικές αλυσίδες είναι αντιπαράλληλες, ενώ η σύνθεση γίνεται μόνο 5΄→3΄.

Γιατί μελετήθηκε στο E. coli

Το γενετικό υλικό των βακτηρίων είναι μικρότερο και απλούστερα οργανωμένο (χωρίς πολλά επίπεδα πακεταρίσματος και χωρίς πυρηνική μεμβράνη), οπότε η αντιγραφή μελετάται ευκολότερα.

4 Η μεταγραφή

Η RNA πολυμεράση προσδένεται στον **υποκινητή**, με τη βοήθεια **μεταγραφικών παραγόντων**, ξετυλίγει τοπικά τη διπλή έλικα και συνθέτει RNA με κατεύθυνση 5΄→3΄. Τοποθετεί ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τη **μη κωδική** αλυσίδα, με U απέναντι από την Α. Η μεταγραφή σταματά σε ειδικές αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής.



Το RNA είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με τη μη κωδική αλυσίδα, άρα ίδιο με την κωδική (με U αντί T).

Τα γονίδια, ανάλογα με το προϊόν τους, χωρίζονται σε αυτά που μεταγράφονται σε **mRNA** και μεταφράζονται σε πρωτεΐνες, και σε αυτά που δίνουν **tRNA, rRNA** και (στους ευκαρυωτικούς) **snRNA**, τα οποία δεν μεταφράζονται.

mRNA
μεταφέρει την πληροφορία στα ριβοσώματα

tRNA
μεταφέρει τα αμινοξέα

rRNA
μαζί με πρωτεΐνες φτιάχνει τα ριβοσώματα

snRNA
ωρίμανση του mRNA (ευκαρυωτικά)

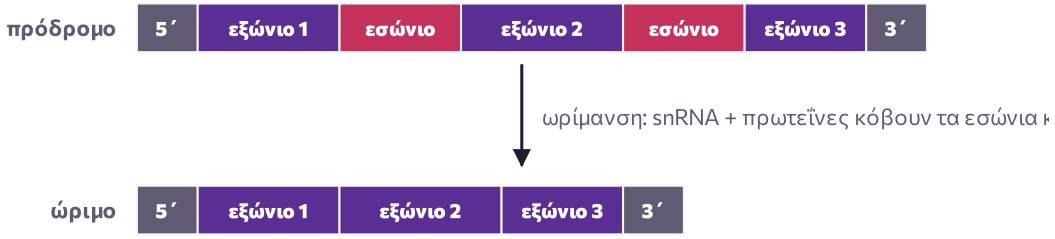
Προσοχή

Οι μεταγραφικοί παράγοντες είναι **πρωτεΐνες**, ενώ ο υποκινητής είναι **αλληλουχία DNA**. Λάθη της μεταγραφής δεν κληρονομούνται, γιατί δεν αλλάζουν το DNA.

---

5 Ωρίμανση του mRNA

Στους ευκαρυωτικούς (και σε ορισμένους ιούς) τα περισσότερα γονίδια είναι **ασυνεχή**: έχουν εξώνια και εσώνια. Η μεταγραφή δίνει πρόδρομο mRNA, που ωριμάζει στον πυρήνα πριν βγει στο κυτταρόπλασμα.



5΄ και 3΄ αμετάφραστες περιοχές (γκρι): μένουν στο ώριμο mRNA αλλά δεν μεταφράζ

Το ώριμο mRNA έχει μόνο εξώνια, αλλά στα άκρα του κρατά τις 5΄ και 3΄ αμετάφραστες περιοχές.

Κόλπο για τις ασκήσεις

Πρόδρομο − εσώνια = ώριμο. Ώριμο − αμετάφραστες περιοχές = πλαίσιο ανάγνωσης. Πλαίσιο ÷ 3 = κωδικόνια. Κωδικόνια − 1 (λήξη) = αμινοξέα.

---

6 Ο γενετικός κώδικας

Κώδικας τριπλέτας

3 νουκλεοτίδια = 1 κωδικόνιο. Με 4 βάσεις: $4^3 = 64$ κωδικόνια (με δυάδες μόνο 16, λίγα για 20 αμινοξέα).

Συνεχής

διαβάζεται χωρίς κενά

Μη επικαλυπτόμενος

κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει σε ένα κωδικόνιο

Σχεδόν καθολικός

ίδιος σχεδόν σε όλους τους οργανισμούς

Εκφυλισμένος

61 κωδικόνια για 20 αμινοξέα: υπάρχουν συνώνυμα

Έναρξη και λήξη

AUG (μεθειονίνη). Λήξη: UAA, UAG, UGA

Ο γενετικός κώδικας (κωδικόνια του mRNA)

1η βάση	U	C	A	G	3η βάση
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Λήξη	UGA Λήξη	A
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Λήξη	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G

Phe φαινυλαλανίνη, **Leu** λευκίνη, **Ser** σερίνη, **Tyr** τυροσίνη, **Cys** κυστεΐνη, **Trp** τρυπτοφάνη, **Pro** προλίνη, **His** ιστιδίνη, **Gln** γλουταμίνη, **Arg** αργινίνη, **Ile** ισολευκίνη, **Met** μεθειονίνη, **Thr** θρεονίνη, **Asn** ασπαραγίνη, **Lys** λυσίνη, **Val** βαλίνη, **Ala** αλανίνη, **Asp** ασπαρτικό οξύ, **Glu** γλουταμινικό οξύ, **Gly** γλυκίνη.

Γιατί γίνεται η ινσουλίνη από βακτήρια

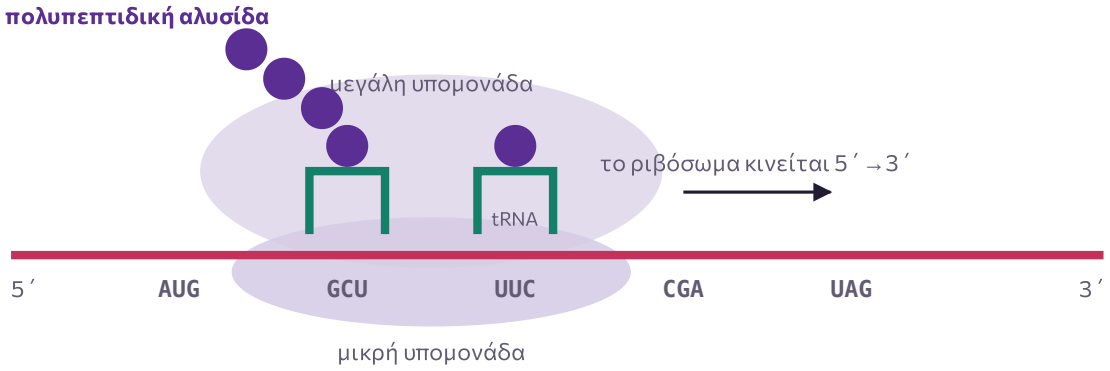
Επειδή ο κώδικας είναι σχεδόν καθολικός, ένα βακτήριο μεταφράζει το ανθρώπινο γονίδιο σωστά, αρκεί να του δώσουμε την αλληλουχία χωρίς εσώνια, αφού δεν κάνει ωρίμανση.

7 Η μετάφραση

1. **Έναρξη.** Το mRNA προσδένεται με το 5΄ άκρο του στη μικρή υπομονάδα του ριβοσώματος. Στο AUG έρχεται το tRNA με τη μεθειονίνη, και σχηματίζεται το **σύμπλοκο έναρξης** (mRNA, tRNA, μικρή υπομονάδα). Μετά προσδένεται η μεγάλη υπομονάδα.

2. **Επιμήκυνση.** Το ριβόσωμα κινείται κατά ένα κωδικόνιο προς το 3΄ άκρο. Κάθε νέο tRNA φέρνει το αμινοξύ του και σχηματίζεται **πεπτιδικός δεσμός** με την αλυσίδα. Το προηγούμενο tRNA αποσπάται.

3. **Λήξη.** Στο κωδικόνιο λήξης δεν αντιστοιχεί tRNA. Η αλυσίδα απελευθερώνεται και οι υπομονάδες αποχωρίζονται.



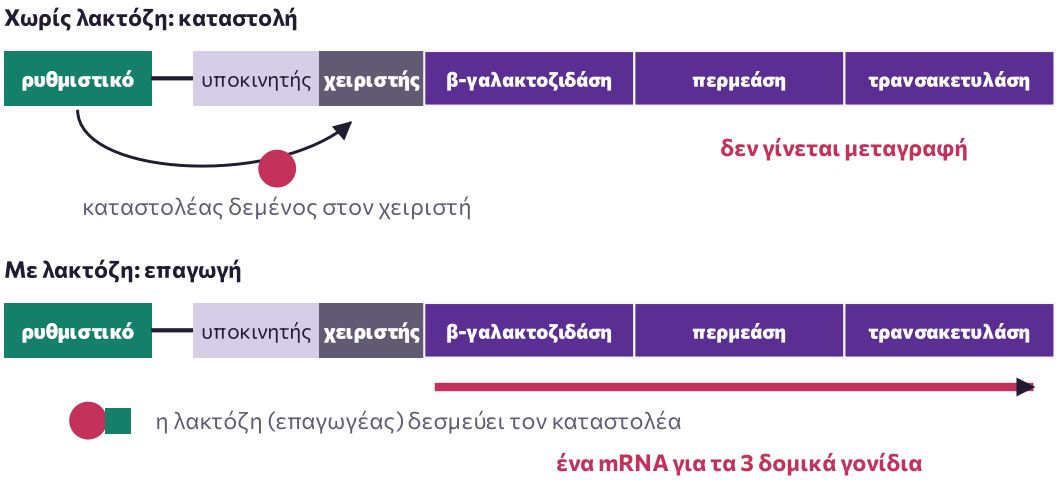
Κάθε tRNA έχει θέση σύνδεσης με το αμινοξύ και το αντικωδικόνιο, που ζευγαρώνει αντιπαράλληλα με το κωδικόνιο.

Ενα mRNA μεταφράζεται ταυτόχρονα από πολλά ριβοσώματα (**πολύσωμα**). Μετά τη μετάφραση η αλυσίδα συχνά τροποποιείται για να γίνει λειτουργική: π.χ. αφαιρούνται αμινοξέα από το αμινικό άκρο, όπως η αρχική μεθειονίνη. Γι' αυτό δεν αρχίζουν όλες οι λειτουργικές πρωτεΐνες με μεθειονίνη.

8 Ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης

Προκαρυωτικά: το οπερόνιο της λακτόζης

Στο E. coli τα τρία ένζυμα που χρειάζονται για τη χρήση της λακτόζης κωδικοποιούνται από τρία δομικά γονίδια με κοινό υποκινητή. Ανάμεσα σε υποκινητή και γονίδια βρίσκεται ο χειριστής. Πιο πριν, ένα ρυθμιστικό γονίδιο παράγει συνεχώς τον καταστολέα.



Χωρίς λακτόζη τα ένζυμα δεν παράγονται, αφού δεν χρειάζονται. Με λακτόζη, η λακτόζη (επαγωγέας) αδρανοποιεί τον καταστολέα και γίνεται μεταγραφή.

> **Προσοχή**
> Η β-γαλακτοζιδάση διασπά τη λακτόζη σε **γλυκόζη και γαλακτόζη**. Τα τρία γονίδια δίνουν **ένα** mRNA, που όμως μεταφράζεται σε **τρία** ένζυμα.

Ευκαρυωτικά

Η ρύθμιση γίνεται σε τέσσερα επίπεδα: στη μεταγραφή (το κυριότερο), μετά τη μεταγραφή (π.χ. ωρίμανση), στη μετάφραση και μετά τη μετάφραση. Όλα τα σωματικά κύτταρα ενός οργανισμού έχουν τα ίδια γονίδια, γιατί προέρχονται από το ζυγωτό. Με την **κυτταρική διαφοροποίηση** όμως κάθε κυτταρικός τύπος εκφράζει άλλα γονίδια: ένα νευρικό κύτταρο έχει το γονίδιο της αιμοσφαιρίνης, αλλά δεν το εκφράζει.

---

9 Συγκρίσεις

Αντιγραφή και μεταγραφή

Κριτήριο	Αντιγραφή	Μεταγραφή
Πόσες φορές	Μία φορά σε κάθε κυτταρικό κύκλο, στη φάση S.	Πολλές φορές, ανάλογα με τις ανάγκες σε πρωτεΐνες.
Αποτέλεσμα	Δύο πανομοιότυπα μόρια DNA για τα θυγατρικά κύτταρα.	Μόρια RNA (mRNA, tRNA, rRNA, snRNA) για την έκφραση της πληροφορίας.

Κριτήριο	Αντιγραφή	Μεταγραφή
Ποιες αλυσίδες	Και οι δύο.	Μόνο η μη κωδική αλυσίδα κάθε γονιδίου.
Έκταση	Ολόκληρο το DNA.	Κάθε φορά το τμήμα ενός γονιδίου.
Άνοιγμα έλικας	Ταυτόχρονα σε πολλά σημεία.	Σε ένα σημείο, στην περιοχή του γονιδίου.
Μονομερή	Δεοξυριβονουκλεοτίδια (A, T, G, C).	Ριβονουκλεοτίδια (A, U, G, C).
Κύρια ένζυμα	DNA πολυμεράσες.	RNA πολυμεράσες.

Μεταγραφή σε προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά

Κριτήριο	Προκαρυωτικά	Ευκαρυωτικά
RNA πολυμεράσες	Ένα είδος.	Τρία είδη.
Μεταγραφή και μετάφραση	Η μετάφραση αρχίζει πριν τελειώσει η μεταγραφή, αφού δεν υπάρχει πυρηνική μεμβράνη.	Πρώτα ολοκληρώνεται η μεταγραφή, μετά η ωρίμανση, και το mRNA βγαίνει στο κυτταρόπλασμα.
Είδη RNA	mRNA, tRNA, rRNA.	mRNA, tRNA, rRNA και snRNA.
Μεταγραφικοί παράγοντες	Λίγοι.	Πολλοί.
Οργάνωση γονιδίων	Ορισμένα γονίδια σε οπερόνια, με ένα mRNA για όλα.	Κάθε γονίδιο μεταγράφεται χωριστά, σε δικό του mRNA.
Θέση	Στο κυτταρόπλασμα (πυρηνοειδές).	Κυρίως στον πυρήνα, και στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες.

DNA και RNA πολυμεράση

Κριτήριο	DNA πολυμεράση	RNA πολυμεράση
Τι συνθέτει	DNA, με καλούπι DNA.	Μονόκλωνο RNA, με καλούπι DNA.
Πρωταρχικά τμήματα	Τα χρειάζεται για να ξεκινήσει.	Δεν τα χρειάζεται.
Μονομερή	Δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τη μητρική αλυσίδα.	Ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τη μη κωδική αλυσίδα.
Διόρθωση λαθών	Αναγνωρίζει και απομακρύνει λάθος νουκλεοτίδια.	Δεν έχει αντίστοιχη ικανότητα.

Ρύθμιση γονιδιακής έκφρασης

Κριτήριο	Προκαρυωτικά	Ευκαρυωτικά
Επίπεδα ρύθμισης	Κυρίως μεταγραφή (και μετάφραση).	Μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, μετάφραση, μετά τη μετάφραση.
Σκοπός	Προσαρμογή του βακτηρίου στις αλλαγές του περιβάλλοντος.	Κάλυψη των λειτουργικών αναγκών κάθε κυτταρικού τύπου.
Οπερόνια	Υπάρχουν.	Δεν υπάρχουν· κάθε γονίδιο εκφράζεται ανεξάρτητα.
Υποκινητής	Κοινός για τα δομικά γονίδια του οπερονίου.	Κάθε γονίδιο έχει τον δικό του.
Χειριστής, καταστολέας, επαγωγέας	Υπάρχουν στα οπερόνια.	Δεν υπάρχουν.

10 Αυτοέλεγχος

1. Ο μηχανισμός αντιγραφής του DNA χαρακτηρίζεται:

   α) συντηρητικός
   β) ημισυντηρητικός
   γ) διασπαστικός
   δ) ασυνεχής

2. Ποιο ένζυμο ενώνει τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας;

   α) DNA ελικάση
   β) Πριμόσωμα
   γ) DNA δεσμάση
   δ) RNA πολυμεράση

3. Οι DNA ελικάσες σπάνε:

   α) φωσφοδιεστερικούς δεσμούς
   β) δεσμούς υδρογόνου
   γ) πεπτιδικούς δεσμούς
   δ) γλυκοζιτικούς δεσμούς

4. Ποια αλυσίδα του γονιδίου μεταγράφεται;

   α) Η κωδική
   β) Η μη κωδική
   γ) Και οι δύο
   δ)Όποια είναι 5΄→3΄

5. Πού συνδέεται η RNA πολυμεράση για να αρχίσει τη μεταγραφή;

   α) Στον χειριστή
   β) Στον υποκινητή
   γ) Στο κωδικόνιο έναρξης
   δ) Στο πρώτο εξώνιο

6. Ποια κωδικόνια είναι κωδικόνια λήξης;

   α) AUG, UAA, UAG
   β) UAA, UAG, UGA
   γ) UGA, UGG, UAA
   δ) AUG, UGA, UAG

7. Τα εσώνια απομακρύνονται:

   α) κατά την αντιγραφή
   β) κατά την ωρίμανση

γ) κατά τη μετάφραση
δ) μετά τη μετάφραση

8. Ο γενετικός κώδικας λέγεται εκφυλισμένος γιατί:

α) ένα κωδικόνιο κωδικοποιεί πολλά αμινοξέα
β) πολλά αμινοξέα κωδικοποιούνται από περισσότερα από ένα κωδικόνια
γ) διαβάζεται χωρίς κενά
δ) είναι ίδιος σε όλους τους οργανισμούς

9. Το ριβόσωμα κινείται πάνω στο mRNA:

α) από το 3΄ προς το 5΄ άκρο
β) από το 5΄ προς το 3΄ άκρο
γ) και προς τις δύο κατευθύνσεις
δ) δεν κινείται

10. Πολύσωμα είναι:

α) οργανίδιο της πρωτεϊνοσύνθεσης
β) ομάδα ριβοσωμάτων στο ενδοπλασματικό δίκτυο
γ) mRNA με πολλά ριβοσώματα που το μεταφράζουν ταυτόχρονα
δ) το σύνολο των εξωνίων

11. Στο οπερόνιο της λακτόζης, όταν δεν υπάρχει λακτόζη:

α) ο καταστολέας δένεται στον χειριστή
β) ο καταστολέας δεν παράγεται
γ) η RNA πολυμεράση μεταγράφει τα δομικά γονίδια
δ) η λακτόζη δεσμεύει τον καταστολέα

12. Σε πόσα επίπεδα ρυθμίζεται η γονιδιακή έκφραση στους ευκαρυωτικούς;

α)Ένα
β) Δύο
γ) Τρία
δ) Τέσσερα

Απαντήσεις

1. **β)** Κάθε νέο μόριο έχει μία παλιά και μία νέα αλυσίδα.
2. **γ)** Η DNA δεσμάση σχηματίζει τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς ανάμεσα στα κομμάτια.
3. **β)** Ξετυλίγουν τη διπλή έλικα σπάζοντας τους δεσμούς υδρογόνου ανάμεσα στις βάσεις.
4. **β)** Το RNA είναι συμπληρωματικό με τη μη κωδική και ίδιο με την κωδική (U αντί T).
5. **β)** Στον υποκινητή, με τη βοήθεια μεταγραφικών παραγόντων.
6. **β)** Το AUG είναι κωδικόνιο έναρξης (μεθειονίνη), το UGG κωδικοποιεί τρυπτοφάνη.
7. **β)** Τα κόβουν ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια στον πυρήνα.

8. **β)** Υπάρχουν συνώνυμα κωδικόνια. Το «ίδιος σε όλους» είναι το «σχεδόν καθολικός».
9. **β)** Η μετάφραση αρχίζει κοντά στο 5΄ άκρο, στο AUG.
0. **γ)**Έτσι παράγονται γρήγορα πολλά αντίγραφα της ίδιας πρωτεΐνης.
1. **α)** Ο καταστολέας παράγεται συνεχώς και, χωρίς λακτόζη, εμποδίζει τη μεταγραφή.
2. **δ)** Μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, μετάφραση, μετά τη μετάφραση.

Σημειώσεις Βιολογίας Προσανατολισμού Γ΄ Λυκείου. Κεφάλαιο 2.