

第 31 章 RNA 的生物合成和加工 答案

一、填空题

1. 一种 RNA 聚合酶, 3, RNA 聚合酶 I, RNA 聚合酶 II, RNA 聚合酶 III。
2. 启动子, 编码, 终止子。
3. 断裂基因, 外显子, 内含子, 外显子, 内含子。
4. 转录单位。
5. 不依赖于 ρ 的终止子 (简单终止子), 依赖于 ρ 的终止子。
6. $\alpha_2\beta\beta'$, 识别转录起始位点。
7. 识别 RNA 聚合酶, 结合 RNA 聚合酶。
8. $m^7GpppG-$, polyA。
9. RNA 指导的 DNA 聚合酶活性, RNA 水解酶活性, DNA 指导的 DNA 聚合酶活性。
10. RNA, 逆转录酶, DNA。

二、选择题

1. B
2. D
3. C
4. D
5. A
6. D
7. D
8. C
9. D
10. C
11. C
12. D
13. D
14. D

三、名词解释

1. Transcription (转录): 遗传信息从基因转移到 RNA 的过程。RNA 聚合酶通过与一系列组分构成动态复合体, 并以基因序列为遗传信息模板, 催化合成序列互补的 RNA, 包括转录起始、延伸、终止等过程。
2. Transcription unit (转录单位): 从转录起始位点到转录终止位点所对应的、作为 RNA 聚合酶模板的基因序列范围。可以是单一基因、也可以是多个基因。
3. Promoter (启动子): DNA 分子上能与 RNA 聚合酶结合并形成转录起始复合体的区域, 在许多情况下, 还包括促进这一过程的调节蛋白的结合位点。
4. RNA polymerase (RNA 聚合酶): 以一条 DNA 链或 RNA 链为模板, 三磷酸核糖核苷为底物, 催化合成 RNA 的酶。
5. Transcription bubble (转录泡): 在转录延伸阶段, 具有 RNA 聚合酶活性的转录复合体结合并解开 DNA 双链、合成 RNA 链, 外观类似泡状。
6. Terminator (终止子): 转录过程中能够终止 RNA 聚合酶转录的 DNA 序列。使 RNA 合成终止。
7. ρ -independent terminator (不依赖于 ρ 的终止子, 简单终止子): 回文序列中富含 GC 碱基对, 在回文序列的下游方向又常有 6~8 个 AT 碱基对, 在模板链上为 A, 在 mRNA 上为 U。
8. ρ -dependent terminator (依赖于 ρ 的终止子): 回文序列的 GC 对含量较少。在回文序列下游方向的序列没有固定特征, 其 AT 对含量比前一种终止子低。
9. Termination factor (终止因子): 蛋白合成时, 当核糖体移动到终止密码子时, 没有相应的氨酰 tRNA 进入 A 位, 而一种蛋白因子可进入, 促使多肽的释放和核糖体的解离, 此蛋白称终止因子, 也即释放因子 (Release factor)。
10. RNA post-transcriptional processing (RNA mature, RNA 转录后加工, RNA 成熟): ① 首尾的修饰 5' 端修饰时加 m^7GpppN 帽子结构, 在核内完成。3' 端修饰时加上多聚腺苷酸尾巴 (polyA), 在核内完成。② mRNA 的剪接从 DNA 模板链转录出的最初转录产

物中除去内含子，并将外显子连接起来形成一个连续的 RNA 分子的过程。③ mRNA 编辑 RNA 编辑是指在 mRNA 水平上改变遗传信息的过程。具体说来，指基因转录产生的 mRNA 分子中，由于核苷酸的缺失，插入或置换，基因转录物的序列不与基因编码序列互补，使翻译生成的蛋白质的氨基酸组成，不同于基因序列中的编码信息现象。

11. Intron (内含子): 是一个基因中非编码的 DNA 片段，在 mRNA 加工过程中被剪切掉，因此在成熟 mRNA 中不存在的部分。

12. Exon (外显子): 是真核生物基因的一部分，它在剪接 (Splicing) 后仍会被保存下来，并可在蛋白质生物合成过程中被表达为蛋白质。

13. Reverse transcription (逆转录): 以 RNA 为模板，依靠逆转录酶的作用，以四种脱氧核苷三磷酸(dNTP)为底物，产生 DNA 链。

14. cDNA (Complementary DNA, 互补 DNA): 特指与信使核糖核酸(mRNA)分子具有互补碱基序列的单链 DNA 分子。由 mRNA 通过逆转录产生。可用于分子克隆或在分子杂交中作为细胞 DNA 中特殊序列的分子探针。与基因组 DNA 不同，互补 DNA 中不含内含子。

15. Operon (操纵子): 转录的功能单位。很多功能上相关的基因前后相连成串，由一个共同的控制区进行转录的控制，包括结构基因以及调节基因的整个 DNA 序列。主要见于原核生物的转录调控，如乳糖操纵子、阿拉伯糖操纵子、组氨酸操纵子、色氨酸操纵子等。

16. cis-acting element (顺式作用元件): DNA、RNA 或者蛋白质中的一些特殊的核酸或氨基酸残基序列，只作用于与其连接在一起的靶，而不作用于不与其相连的靶

17. trans-acting factor (反式作用因子): 通过直接结合或间接作用于 DNA、RNA 等核酸分子，对基因表达发挥不同调节作用(激活或抑制)的各类蛋白质因子。

18. Lariat RNA (套索 RNA): 特指真核生物 RNA 前体加工时切除内含子过程中形成的分支状中间体 RNA。

四、问答题

1. 试述原核生物复制和转录的异同点。

答: 原核生物复制和转录的相同点: 都是利用碱基互补配对原则; 都发生在细胞质内(无细胞核); 都需要能量和酶。都是生物生长繁殖所必须的。

不同点: a、DNA 复制结过是产生两个 DNA 分子; RNA 转录是以 DNA 为模板，进行合成，只形成一条链 (DNA 有两条链，只有一条参与编码，叫有意义链); b、另外，DNA 复制的目的与 RNA 转录的目的不同，DNA 复制是为了分裂，产生子代; RNA 转录是为了合成蛋白质 (mRNA)，搬运氨基酸 (tRNA) 或者是核糖体的结构组分 (rRNA); c、DNA 是半保留复制，新生链各有一半来自母链; RNA 只是以 DNA 为模板合成一条链。d、DNA 合成需要引物 (一小段 RNA); RNA 合成不需要引物。f、最后，DNA 复制和 RNA 转录所用的反应底物不同，DNA 是脱氧核糖核苷酸 RNA 是核糖核苷酸; DNA 复制和 RNA 转录需要的酶体系不同。

2. 试述原核生物的转录过程。

答: 原核生物的转录过程包括起始、延伸和终止 3 个阶段。

(1) 起始阶段: RNA 聚合酶正确识别 DNA 模板上的启动子并形成由酶、DNA 和核苷三磷酸(NTP)构成的三元起始复合物，转录即自此开始。DNA 模板上的启动区域常含有 TATAATG 顺序，称普里布诺(Pribnow)盒或 P 盒。复合物中的核苷三磷酸一般为 GTP，少数为 ATP，因而原始转录产物的 5' 端通常为三磷酸鸟苷(pppG)或腺苷三磷酸(pppA)。

(2) 延伸阶段: σ 亚基脱离酶分子，留下的核心酶与 DNA 的结合变松，因而较容易继续往前移动。核心酶无模板专一性，能转录模板上的任何顺序，包括在转录后加工时待切

除的居间顺序。脱离核心酶的 σ 亚基还可与另外的核心酶结合，参与另一转录过程。随着转录不断延伸，DNA 双链顺次地被打开，并接受新来的碱基配对，合成新的磷酸二酯键后，核心酶向前移去，已使用过的模板重新关闭起来，恢复原来的双链结构。一般合成的 RNA 链对 DNA 模板具有高度的忠实性。

(3) 终止阶段：转录的终止包括停止延伸及释放 RNA 聚合酶和合成的 RNA。在原核生物基因或操纵子的末端通常有一段终止序列即终止子；RNA 合成就在这里终止。原核细胞转录终止需要一种终止因子 ρ （四个亚基构成的蛋白质）的帮助。

3. 何谓终止子和终止因子？大肠杆菌 *E. coli* 中存在两类终止子，它们分别是什么，它们在 RNA 转录过程中又是如何发挥作用的？

答：终止子 (Terminator)：转录过程中能够终止 RNA 聚合酶转录的 DNA 序列。或提供转录停止信号的 DNA 序列。

终止因子 (Termination factor)：协助 RNA 聚合酶识别终止信号的辅助因子 (蛋白质)。

大肠杆菌 *E. coli* 中存在两类终止子：不依赖于 ρ 的终止子 (内在终止子或简单终止子) 和依赖于 ρ 的终止子。

简单终止子的回文对称区通常含有一段富含 G-C 的序列，在终点前还有一系列 U 核苷酸 (约有 6 个)。由 rU-dA 组成的 RNA-DNA 杂交分子具有特别弱的碱基配对结构。当聚合酶暂停时，RNA-DNA 杂交分子即在 rU-dA 弱键结合的末端区解开。

依赖于 ρ 的终止子必须在 ρ 因子存在时才发生终止作用。依赖于 ρ 的终止子结构特点是胞苷酸含量高，可能存在短的回文结构，但不含有 G-C 区，短的回文结构之后也无寡聚 U。 ρ 因子是一种相当分子质量约为 275000 的六聚体蛋白质，在有 RNA 存在时它能水解腺苷三磷酸，即具依赖于 RNA 的 ATPase 活力。由此推测， ρ 结合在新产生的 RNA 链上，借助水解 ATP 获得的能量推动其沿着 RNA 链移动。RNA 聚合酶遇到终止子时发生暂停，使 ρ 得以追上酶。 ρ 与酶相互作用，造成释放 RNA，并使 RNA 聚合酶与该因子一起从 DNA 上脱落下来。

4. 简述逆转录的过程及其研究的意义是什么？

答：逆转录过程是在逆转录酶的作用是以 dNTP 为底物，以单链 RNA 为模板，tRNA (主要是色氨酸 tRNA) 为引物，在 tRNA 3' 末端上，按 5' \rightarrow 3' 方向，合成一条与 RNA 模板互补的单链 DNA，这条 DNA 单链叫做互补 DNA (Complementary DNA, cDNA)，它与 RNA 模板形成 RNA-DNA 杂交体。随后又在反转录酶的作用下，水解掉 RNA 链，再以 cDNA 为模板合成第二条 DNA 链。至此，完成由 RNA 指导的 DNA 合成过程。

逆转录的研究的意义：

① 对分子生物学的中心法则进行了修正和补充。修正后的中心法则表示为：是指遗传信息从 DNA 传递给 RNA，再从 RNA 传递给蛋白质，即完成遗传信息的转录和翻译的过程。也可以从 DNA 传递给 DNA，即完成 DNA 的复制过程。还可以以 RNA 为模板合成 DNA。

② RNA 同样兼有遗传信息传代与表达功能。RNA 在进化过程中是比 DNA 更早出现的生物大分子。

③ 拓宽了病毒致癌理论。

④ 是基因工程中获取目的基因的重要方法之一。由于目的基因的转录产物易于制备，可将 mRNA 反向转录形成 DNA 用以获得目的基因。

5. 答：A 该片段的完整序列：3'ATTCGCAGGCT.....5'

5'ATTCGCAGGCT.....3'

B 转录方向为（一）链的 3' —5' （一）链为转录模板

C 产物序列：5'UAAGCGUCCGA.....3'

D 序列基本相同，只是 U 代替了 T。

6. 答：（1）互补 DNA 链的序列（从 5' 端至 3' 端书写）是：

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

（2）从互补 DNA 转录得到的 mRNA 序列（从 5' 端至 3' 端书写）为：

5'	A	C	G	A	U	G	G	G	C	U	A	C	U	C	G	A	3'
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

（3）该 mRNA 翻译产物是：甲硫氨酸-甘氨酸-酪氨酸-丝氨酸（或者 Met- Gly-Tyr-Ser）

（4）若原 DNA 序列的 3' 端起缺失第 2 个 T（用下划线标明），则由其互补 DNA 编码、翻译后的产物是：甲硫氨酸-甘氨酸-苏氨酸-精氨酸（或者 Met- Gly-Thr-Arg）

（5）若原 DNA 序列的 3' 端起第 2 个 C 突变为 G（用 标明），则由其互补 DNA 编码、翻译后的产物是：甲硫氨酸- 甘氨酸（或者 Met- Gly）